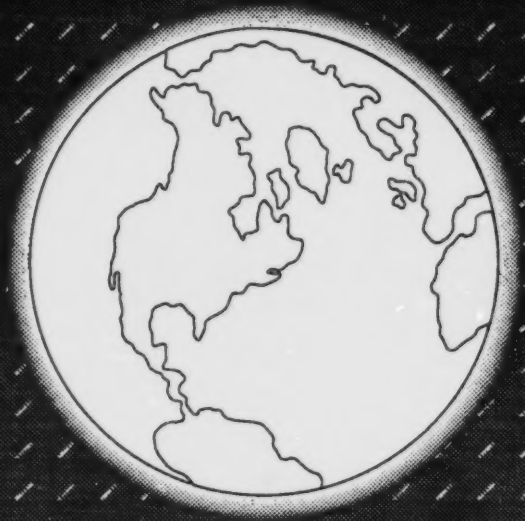


COLLOQUE SUR LES PRÉCIPITATIONS ACIDES ET SUR LA POLLUTION PAR L'OZONE (SMOG)

CONFERENCE ON ACID RAIN AND GROUND LEVEL OZONE (SMOG)

Montréal,
November 4-5, novembre 1991

Environnement Canada
Conservation et Protection

Environment Canada
Conservation and Protection

Environment Canada
Conservation et Protection

Environnement Canada
Conservation and Protection

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement

Air & Waste Management ASSOCIATION

ASSOCIATION POUR LA PRÉVENTION DE LA CONTAMINATION DE L'AIR ET DU SOL

RÉGIONALE PLEIN-SUD
Ordre des Ingénieurs du Québec

RÉGIONALE PLEIN-SUD
Ordre des Ingénieurs du Québec

COMPTE RENDU / PROCEEDINGS

Colloque sur les précipitations acides et sur la pollution par l'ozone (smog)

les 4 et 5 novembre 1991

Hôtel Reine-Élizabeth
Montréal (Québec)

Conference on Acid Rain and Ground Level Ozone (smog)

November 4 and 5, 1991

The Queen Elizabeth Hotel
Montreal, Quebec

PARRAINÉ PAR:

Environnement Canada
Conservation et Protection

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement

Association pour la Prévention de la Contamination de l'Air et du Sol

Régionale Plein-sud
Ordre des ingénieurs du Québec

SPONSORED BY:

Environment Canada
Conservation and Protection

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement

Air & Waste Management Association

Régionale Plein-sud
Ordre des ingénieurs du Québec

92-02707/

AVIS

Les textes et renseignements contenus dans le présent rapport sont publiés tels qu'ils ont été présentés par les conférenciers à l'occasion de la conférence. Toutes les déclarations et opinions paraissant dans ce rapport sont celles des conférenciers; elles ne sont ni approuvées ni rejetées par les organisateurs. La mention de marques de commerce ou de produits commercialisés ne constitue ni une approbation ni une recommandation d'emploi.

NOTICE

The materials and information contained herein are published in the exact form as presented to the sponsors by the conference speakers. Any statements or views presented are entirely those of the speakers and are neither condoned nor rejected by the sponsors. Mention of trade names or commercial products does not constitute endorsement or recommendation for use.

TABLE DE MATIERES / TABLE OF CONTENTS

Page

Allocution d'ouverture / Opening Remarks

La lutte contre la pollution atmosphérique : les progrès réalisés et les défis à relever *(Air Pollution Control: Progress Realized and the Challenges to Meet).....1*

M. Harvey L. Mead, Sous-ministre adjoint
Ministère de l'Environnement du Québec

Séance/Session I - Novembre 4

Les précipitations acides au Québec: bilan des années 1981 à 1991 *(Acid Precipitations in Quebec: Review of the Period from 1981 to 1991).....9*

MM. Gilles Boulet et Pierre Pinard
Ministère de l'Environnement du Québec

Les effets des précipitations acides sur physico-chimie des eaux de surface du Québec *(Physico-chemical Effects of Acid Precipitation on Surface Waters in Quebec).....29*

M. Jacques Dupont
Ministère de l'Environnement du Québec
Mme Madeleine Papineau
Environnement Canada

Acidification du milieu aquatique: synthèse des effets sur les ressources biologiques du Québec *(Acidification of the Aquatic Environment: Review of Effects on the Biological Resources in Quebec).....43*

M. Serge Tremblay
Ministère de l'Environnement du Québec

TABLES DES MATIERES / TABLE OF CONTENTS
(suite/cont'd)

Page

Séance/Session II - Novembre 4

Le Programme de recherche du ministère des Forêts du Québec sur les impacts des polluants atmosphériques sur les écosystèmes forestiers - bilan et perspective *(The Ministère des Forêts du Québec Research Program of Air Pollutants Impacts on Forest Ecosystems: Status and Perspecti e.....63*

M. Germain Paré
Ministère des Forêts du Québec

Accord bilatéral canado-américain sur la qualité de l'air *(Canadian/American Air Quality Agreement).....81*

M. Peter Higgins, Sous-ministre adjoint
Environnement Canada

American Clean Air Act Amendments for 1990. Title IV Acid Deposition *(Les amendements du Clean Air Act américain en 1990. Title IV - Dépots acidiques).....89*

Mr. Paul Horwitz
U.S. Environmental Protection Agency

Le programme de réduction des émissions de SO2 au Québec: 1980-1990 *(The SO2 Emissions Reduction Program in Québec in the 1980s).....115*

MM. Georges Boulet et Laval Lapointe
Ministère de l'Environnement du Québec

Réduction des émissions de la fonderie Horne, Rouyn-Norande *(Emissions Reduction at the Rouyn Noranda, Horne Smelter).....133*

M. L. Jacques Moulins
Minéraux Noranda inc.

L'éveil des producteurs et productrices aux pluies acides *(Producers' Awakening to Acid Rain).....161*

M. Louis Ménard
Union des producteurs agricoles

TABLE DES MATIERES / TABLE OF CONTENTS
(suite/cont'd)

Page

Séance/Session I - Novembre 5

***La pollution par l'ozone au Québec** (Ozone Pollution in Quebec)*.....167

M. Richard Leduc
Ministère de l'Environnement du Québec
M. Claude Gagnon
Communauté urbaine de Montréal

***Long Range Transport of Ozone and its Precursors in the Quebec-Windsor City Corridor** (Le transport à distance de l'ozone et ses précurseurs dans le corridor Windsor-Québec*.....217

MMs. Dave Yap, Dominic Mignacca and Duncan Fraser
Ontario Ministry of the Environment

***Les sources d'émissions des contaminants précurseurs de la pollution photochimique au Québec** (Precursor Contaminant Emission Sources of Photo-chemical Pollution in Quebec)*.....231

MM. Gérard Houle, Chamrith Chhem et Niranth Dy
Ministère de l'Environnement du Québec

***Pollution de l'air par l'ozone et la santé** (Air Pollution by the Ozone on Health)*.....249

M. Pierre Lajoie, m.d., D.S.C.
Centre hospitalier de l'Université Laval

***Les dommages causés par l'ozone à la végétation et aux cultures: la situation au Québec** (Ozone Damage on Vegetation and Crops: the Quebec Situation)*.....261

M. Bruno Maltais
Ministère de l'Agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec

TABLE DES MATIERES / TABLE OF CONTENTS
(suite/cont'd)

Page

Séance/Session I - Novembre 5 (suite/cont'd)

***Ozone Reduction Strategies for the 1990s in the Northeast United States** (Les stratégies de réduction des niveaux d'ozone pour les années 1990 dans les états américains du nord-est).....273*

Mr. Michael J. Bradley
Northeast States for Coordinated Air Use Management

***Protocole international sur les composés organiques volatils** (The International Protocol on Volatile Organic Compounds).....283*

M. Jean-Pierre Gauthier
Environnement Canada

Séance/Session II - Novembre 5

***Impact des initiatives du Plan de gestion du CCME en matière de réduction des NO_x et des COV sur l'industrie canadienne du raffinage et de la distribution du pétrole** (Impact of NO_x and the VOC reduction initiatives of the CCME Management Plan on the Canadian Industry in the Refinery and Distribution of Petroleum).....297*

M. Roger Lafleur
Institut canadien des produits pétroliers

***Stratégies de contrôle pour les sources mobiles au Canada pour les années 90** (Control Stratégies for Mobile Sources in Canada in the 1990s).....315*

M. Francois Lavallée
Environnement Canada

TABLE DES MATIERES / TABLE OF CONTENTS
(suite/cont'd)

Page

Séance/Session II - Novembre 5 (suite/cont'd)

Participation d'Hydro-Québec au programme de gestion du CCME des émissions d'ozydes d'azote *(Hydro-Quebec Participation to the CCME Management Plan for Nitrogen Oxides Emissions)*.....327

M. Louis Varfalvy
Hydro-Québec

Stratégie pour la réduction de substances organiques volatiles *(Reduction Strategies for Volatile Organic Substances Emissions)*.....337

M. Yves Bourassa
Communauté urbaine de Montréal

L'ozone troposphérique : L'élaboration d'une stratégie d'intervention pour le Québec *Tropospheric Ozone: Development of an Intervention Strategy for Québec)*.....357

M. André Marsan, Sous-ministre adjoint
Ministère de l'environnement du Québec

Le contrôle du smog: c'est le temps d'agir *(Smog Control: Now is the Time to Act)*.....383

M. Bruce Walker
Society to Overcome Pollution

TABLE DES MATIERES / TABLE OF CONTENTS
(suite/cont'd)

Page

Séance d'affichage / Poster Session (suite/cont'd)

Trend Detection in Water Quality Time Series of the Quebec Shield Lakes *(Détection de tendances dans les séries temporelles de qualité de l'eau des lacs du Bouclier canadien).....385*

M. André Bouchard, Mme Madeleine Papineau et M. John Haemmerli
Environnement Canada

Changes in Water Quality in the Laflamme Lake Watershed Area, Canada *(Changement dans la qualité de l'eau dans le secteur du bassin versant du lac Laflamme, Canada).....387*

Mme Madeleine Papineau, Mme Suzanne Couture et M. John Haemmerli
Environnement Canada

L'acidification et les eaux de surface au Québec *(Acidification and Surface Water in Quebec).....389*

M. Robert Hélie et Mme Maureen Sioh
Environnement Canada

Réponse du Saumon atlantique et de l'Omble de fontaine au choc acide printanier *(Atlantic Salmon and Speckled Trout Response to the Acid Spring Runoff Shock).....391*

MM. Alain Kemp et Gordon Walsh
Pêches et Océans Canada

Concentrations d'ozone en milieu extra-urbain au Québec en 1989 et 1990 *(Ozone Concentration in Rural Québec in 1989 and 1990).....393*

MM. Alain Robichaud et Ghislain Jacques
Ministère de l'Environnement du Québec

TABLE DES MATIERES / TABLE OF CONTENTS
(suite/cont'd)

Page

Séance d'affichage / Poster Session (suite/cont'd)

Bilan de la qualité des précipitations recues à Montréal de mars 1990 à septembre 1991 *(Overview of the Quality of Precipitations in Montréal from March 1990 to September 1991).....409*

M. Alain Leduc et Mme Linda Charest
Ville de Montréal, et
M. Claude Delisle
École Polytechnique

La contribution de l'ozone stratosphérique aux épisodes de smog au Québec: une évaluation du béryllium-7 comme traceur *(The Stratospheric Ozone Contribution to Smog Episodes in Quebec: An Evaluation of Beryllium-7 as a Tracer).....411*

MM. Jean Tremblay et René Servranckx
Environnement Canada

Le nitrate de péroxyacétyle (PAN) une composante du smog *(Peroxyacetyl Nitrate (PAN), an Important Component of Smog).....413*

M. Jean Tremblay
Environnement Canada

Niveau d'acidité des précipitations à deux stations du RCEPA (Sutton et Forêt Montmorency) *(Precipitation Acidity Levels at Two Stations (Sutton and Montmorency) of the CAPMoN).....415*

M. Gilles Morneau
Environnement Canada

TABLE DES MATIERES / TABLE OF CONTENTS
(suite/cont'd)

Page

Séance d'affichage / Poster Session (suite/cont'd)

Caractérisation par spectrométrie de masse des aérosols atmosphériques recueillis à la station forestière de Duchesnay à l'aide d'impacteurs à basse pression en juillet et août 1990 *(Mass Spectrometry Characterization of Atmospheric Aerosols Collected with Low Pressure Impactors at the Duchesnay Forestry Station in July and August 1990).....417*

MM. Marcel Baril
Université Laval
Norbert Klaus
Université de Vienne, Autriche
Richard Leduc
Ministère de l'Environnement du Québec

Mesure in situ par chromatographie des hydrocarbures biogéniques précurseurs des oxydants photochimiques à la station forestière de Duchesnay en août 1991 *(In situ Chromatography Measurement of Precursor Biogenic Hydrocarbons to Photochemical oxidants at the Duchesnay Forestry Station in August 1991).....419*

MM. Bruno Clément[1,2] Marcel Baril[1] et Valerie Simon[2]
[1]Université Laval
[2]École Nationale Supérieure de chimie de Toulouse

Exemple d'utilisation de la technique SPOT pour l'identification individuelle des aérosols sulfatés collectés dans l'atmosphère urbain de Sainte-Foy sur des plaquettes microlithographiées à l'aide d'impacteurs à basse pression *(Example of the SPOT Technique Use for the Individual Identification of Sulphated Aerosols Collected in the Sainte-Foy Urban Atmosphere on Microlithographic Plaques with Low Pressure Impactors).....421*

MM. Bruno Clément[1,2] et Marcel Baril[1]
[1]Université Laval
[2]École Nationale Supérieure de chimie de Toulouse

TABLE DES MATIERES / TABLE OF CONTENTS
(suite/cont'd)

Page

Séance d'affichage / Poster Session (suite/cont'd)

Influence de doses chroniques d'ozone sur différentes ressources de l'érable à sucre *(Influence of Chronic Ozone Doses on Different Resources Derived from the Sugar Maple)*.....423

MM. J.P. Renaud[1,2], Y. Mauffette[3] et G. Allard[2]
[1]Ministère de l'Agriculture du Québec
[2]Université Laval
[3]Université du Québec à Montréal

Étude préliminaire de l'effet de doses chroniques d'ozone sur la résistance au froid de jeunes érables à sucre *(Preliminary Study on Chronic Ozone Doses Effects to Cold Resistance of Young Sugar Maple)*.....425

MM. A. Minero-Amador et K.A. Stewart
Université McGill
M. J.P. Renaud
Ministère de l'Agriculture du Québec

Les effets de l'ozone sur deux lépidoptères s'attaquant à l'érable à sucre *(Ozone Effects on Two Lepidoptera Striking the Sugar Maple)*.....427

MM. Y. Mauffette, M. Constantin et M. Fortin
Université du Québec à Montréal
M. J.P. Renaud
Ministère de l'Agriculture du Québec

Les effets à court terme de pluies acides simulées sur l'érable à sucre *(Short Term Effects of Simulated Acid Rain on Sugar Maple)*.....429

MM. C. N. N'soukpoé-Kossi et R. M. Leblanc
Université du Québec à Trois-Rivières

Table des matières / Table of Contents
(suite/cont'd)

Page

Séance d'affichage / Poster Session (suite/cont'd)

Développement et application d'un modèle prédictif du choc acide printanier *(Development and Application of a Predicting Model for the Acid Spring Runoff)*.....431

M. J.Y. Charette, Environnement Canada
M. J. Stein, Université Laval
M. H.G. Jones, Université du Québec, INRS-Eau
M. W.H. Hendershot, Université McGill

Causes de l'augmentation de la biomasse du périphyton en milieu lotique acidifié *(Causes for the Increase of Periphyton Biomass in Acidified Lotic Areas)*.....433

Mesdames Catherine Vallée et Dolores Planas
Université du Québec à Montréal

Le coût social de réduction des gaz acides au Québec *(The Social Cost for Acid Gas Reduction in Quebec)*.....435

MM. J.-P. Waaub, A. Haurie, E. Lessard et R. Loulou
École des Hautes Études Commerciales à Montréal

Qualité de l'air : sommaire des résultats de 1990 *(The Social Cost for Acid Gas Reduction in Quebec)*.....437

Service de l'environnement
Communauté urbaine de Montréal

ALLOCUTION D'OUVERTURE

PRÉSENTÉE PAR HARVEY L. MEAD

SOUS-MINISTRE ADJOINT AU
DÉVELOPPEMENT DURABLE ET CONSERVATION
MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC

LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE:

LES PROGRÈS RÉALISÉS ET LES DÉFITS À RELEVER

LE 4 NOVEMBRE 1991

ALLOCUTION D'OUVERTURE

INTRODUCTION

CE COLLOQUE CONSACRÉ AUX PRÉCIPITATIONS ACIDES ET À L'OZONE TROPOSPHÉRIQUE EST POUR MOI UNE OCCASION DE VOUS FAIRE PART DE QUELQUES RÉFLEXIONS SUR L'ENSEMBLE DES QUESTIONS RELIÉES À LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE.

EN EFFET, EN PLUS DES ÉMISSIONS DE POLLUANTS CLASSIQUES, ET LES PRÉCIPITATIONS ACIDES, L'ÉMISSION DE POLLUANTS DANGEREUX OU TOXIQUES, L'APPAUVRISSEMENT DE LA COUCHE D'OZONE STRATOSPHÉRIQUE ET LE RÉCHAUFFEMENT PLANÉTAIRE SONT DES PROBLÈMES QU'IL FAUT ABORDER DANS UNE PERSPECTIVE GLOBALE.

1. LES PROBLÈMES ATTRIBUABLES AUX POLLUANTS CLASSIQUES

EN RAISON DE LA SURVEILLANCE ACCRUE DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE, DEPUIS LE DÉBUT DES ANNÉES 1970, IL EST AUJOURD'HUI POSSIBLE D'ÉVALUER LES NIVEAUX ET LES TENDANCES DE LA QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT.

À PARTIR DES INDICATEURS, ON CONSTATE DES AMÉLIORATIONS SUBSTANTIELLES DANS LA RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE LA MAJORITÉ DES POLLUANTS "TRADITIONNELS" DEPUIS 1970. LES NIVEAUX MESURÉS SE SITUENT EN GÉNÉRAL EN DEÇÀ DES NORMES ÉTABLIES PAR LE GOUVERNEMENT. LA SEULE EXCEPTION IMPORTANTE EST L'OZONE.

À TITRE D'EXEMPLE DES RÉDUCTIONS, SUR LE TERRITOIRE DE LA CUM, EN 1987, PAR RAPPORT À 1970, ON OBTENAIT LES RÉDUCTIONS SUIVANTES SELON LES POLLUANTS: 97 P. 100 POUR LES PARTICULES, 94 P. 100 POUR LE SO_2, 62 P. 100 POUR LE CO, 71 P. 100 POUR LES HYDROCARBURES OU COMPOSÉS ORGANIQUES, 97 P.

100 POUR LE PLOMB. ON SERAIT PORTÉ À CROIRE QUE L'ON A RÉALISÉ DES PAS DE GÉANTS.

OR, ON CONSTATE QUE LA RÉALITÉ EST DIFFÉRENTE. EN EFFET, AU COURS DE CETTE PÉRIODE, ET PARTICULIÈREMENT DEPUIS LE DÉBUT DES ANNÉES 1980, ON A PRIS CONSCIENCE QUE D'AUTRES PROBLÈMES EXISTAIENT DONT PLUSIEURS PRÉSENTENT À LONG TERME, PAR RAPPORT AUX POLLUANTS CLASSIQUES, DES RISQUES PLUS SÉRIEUX POUR LA SANTÉ DE LA POPULATION ET POUR L'ENVIRONNEMENT.

2- LES PRÉCIPITATIONS ACIDES

PUISQUE LES PRÉCIPITATIONS ACIDES FONT L'OBJET DE L'ENSEMBLE DES PRÉSENTATIONS D'AUJOURD'HUI, JE M'ATTARDERAI UN PEU À LA RÉPONSE DU GOUVERNEMENT DU QUÉBEC FACE À CETTE MENACE TRÈS SÉRIEUSE.

LE GOUVERNEMENT DU QUÉBEC A JOUÉ UN RÔLE TRÈS ACTIF DANS CE DOSSIER. EN JUILLET 1984, IL S'ENGAGEAIT À AUGMENTER LA RÉDUCTION DE SES ÉMISSIONS DE SO_2 DE 30 À 45 P. 100 À COMPTER DE 1990. CE SEUIL A DE NOUVEAU ÉTÉ AUGMENTÉ EN JUIN 1989 VISANT 55 P. 100, À COMPTER DE 1995. DANS LE CADRE DE CET ENGAGEMENT, LES ÉMISSIONS QUÉBÉCOISES DE SO_2 DEVAIENT TOTALISER 600 KILOTONNES. LES RÉSULTATS OBTENUS INDIQUENT DES ÉMISSIONS DE MOINS DE 400 KILOTONNES, SOIT UNE RÉDUCTION ÉQUIVALENTE À 33 P. 100 DE PLUS QUE LA LIMITE FIXÉE ET REPRÉSENTANT UNE RÉDUCTION GLOBALE DE PLUS DE 63 P. 100 PAR RAPPORT À 1980.

LE QUÉBEC SE DOIT D'ÊTRE FIER D'UNE TELLE RÉALISATION, QUI LE CLASSE EN TÊTE DE TOUTES LES PROVINCES, DES ÉTATS AMÉRICAINS OU MÊME DE TOUT PAYS EUROPÉEN DONT LES ENGAGEMENTS ÉTAIENT INFÉRIEURS À CEUX DU QUÉBEC, EN TERME DE DIMINUTION DES ÉMISSIONS DE SO_2.

3- LES POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES DANGEREUX

CONTRAIREMENT AUX POLLUANTS TRADITIONNELS, QU'ON RETROUVE EN NOMBRE RESTREINT ET QUI SONT RELATIVEMENT BIEN CONNUS, LES POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES EN TRACE COMPRENNENT UNE DIVERSITÉ DE COMPOSÉS ET DE CLASSES DE COMPOSÉS.

UN BON NOMBRE DE CES POLLUANTS EN TRACE SONT TOXIQUES, CANCÉRIGÈNES, ET PROVOQUENT DES MUTATIONS GÉNÉTIQUES; QUELQUES-UNS SONT SUSCEPTIBLES D'ÊTRE BIO-ACCUMULÉS. LA CIRCULATION DE CES POLLUANTS EN TRACE, À TRAVERS LES DIFFÉRENTS MILIEUX DE L'ENVIRONNEMENT, EST ÉGALEMENT INQUIÉTANTE. SOUVENT, ET PROBABLEMENT LA MAJORITÉ DU TEMPS, ON NE POSSÈDE QUE TRÈS PEU OU PAS DU TOUT DE DONNÉES QUANT À LA SÛRETÉ DE CES SUBSTANCES.

L'ATMOSPHÈRE EST LE MILIEU PRÉDOMINANT DE DISPERSION DE CES POLLUANTS. AINSI, LES POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES DANGEREUX ET LES PRODUITS DE LEUR RÉACTION DANS L'ATMOSPHÈRE PEUVENT EXERCER LEUR ACTION NON SEULEMENT AU NIVEAU LOCAL MAIS ÊTRE TRANSPORTÉS SUR PLUSIEURS CENTAINES OU MILLIERS DE KILOMÈTRES ET AVOIR DES IMPACTS SUR DES RÉGIONS RELATIVEMENT ÉLOIGNÉES.

IL Y A ÉGALEMENT LIEU DE MENTIONNER QUE LES ÉMISSIONS DE POLLUANTS EN TRACE PROVIENNENT DE SOURCES DIVERSES ET NOMBREUSES, SOIT PONCTUELLES, MOBILES ET DIFFUSES, OU ÉTENDUES.

4- L'APPAUVRISSEMENT DE LA COUCHE D'OZONE STRATOSPHÉRIQUE

LES DOMMAGES POTENTIELS À LA COUCHE D'OZONE PAR LES CFC ONT ÉTÉ MENTIONNÉS POUR LA PREMIÈRE FOIS EN 1974. CEPENDANT, IL A FALLU ATTENDRE LE MILIEU DES ANNÉES 1980 AVANT QU'ON RECONNAISSE, MALGRÉ LES INCERTITUDES RELIÉES À CE PROBLÈME SI COMPLEXE, QU'UNE INTERVENTION MAJEURE S'IMPOSAIT AU NIVEAU INTERNATIONAL EN RAISON DES RISQUES SÉRIEUX ET PLANÉTAIRES QU'IL COMPORTAIT.

LA SITUATION A EN EFFET ENTRAÎNÉ UNE PRISE DE CONSCIENCE À L'ÉCHELLE INTERNATIONALE QUI S'EST TRADUITE NOTAMMENT PAR LE PROTOCOLE DE MONTRÉAL, ENTÉRINÉ PAR 25 PAYS LE 16 SEPTEMBRE 1987.

LORS DE LA CONFÉRENCE DE LONDRES, TENUE EN JUIN 1990, CE PROTOCOLE A ÉTÉ RENFORCÉ EN Y AJOUTANT DEUX AUTRES COMPOSÉS, ET EN ÉTABLISSANT UN FONDS D'AIDE MULTILATÉRAL AFIN DE FAVORISER L'ÉLIMINATION PROGRESSIVE DE L'USAGE DES CFC ET DES AUTRES SUBSTANCES RESPONSABLES DE LA DESTRUCTION DE LA COUCHE D'OZONE DANS LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT.

IL CONVIENT D'INDIQUER QUE LE PROGRAMME FÉDÉRAL, VISANT À ÉLIMINER GRADUELLEMENT LA FABRICATION ET L'IMPORTATION DES CFC D'ICI 1997, DÉPASSE LE PROTOCOLE INTERNATIONAL MODIFIÉ. POUR ATTEINDRE CET OBJECTIF, ON PRÉVOIT ACCÉLÉRER LE PROGRAMME D'INITIATIVES RÉGLEMENTAIRES ET ÉTABLIR DES MESURES DE RÉCUPÉRATION ET DE RECYCLAGE DES SUBSTANCES CHIMIQUES UTILISÉES. LE QUÉBEC PARTICIPE À CET EFFORT ET VERRA À L'HARMONISATION DE SES ACTIONS AVEC CELLES DU FÉDÉRAL.

5- LES GAZ À EFFET DE SERRE

LES PROBLÈMES ENVIRONNEMENTAUX DÛS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ATTRIBUABLE AUX AUGMENTATIONS DES CONCENTRATIONS DES GAZ À EFFET DE SERRE DANS L'ATMOSPHÈRE CONSTITUENT, À L'HEURE ACTUELLE, LA PRÉOCCUPATION PREMIÈRE DE NOMBREUSES NATIONS.

À LA SUITE DES TRAVAUX DU GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL D'ÉTUDE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE (IPCC), ON A CONCLU QUE LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE RENFORCERONT CE PHÉNOMÈNE ET CONTRIBUERONT AU RÉCHAUFFEMENT DE LA SURFACE DE LA TERRE. L'IPCC FAIT MENTION AUSSI DES INCERTITUDES QUI EXISTENT QUANT AUX PRÉVISIONS, EN PARTICULIER SUR L'ÉCHELONNEMENT, L'AMPLEUR ET LA CONFIGURATION DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES.

DES PLANS DESTINÉS À ATTÉNUER PROGRESSIVEMENT LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE, EN PARTICULIER CELLES DUES À L'UTILISATION DE L'ÉNERGIE, SONT ACTUELLEMENT À L'ÉTUDE DANS DIVERS PAYS, NOTAMMENT AU CANADA. LES POUVOIRS PUBLICS SONT INVITÉS AVEC DE PLUS EN PLUS D'INSISTANCE À ÉTUDIER ET À ÉVALUER LA FAISABILITÉ DE POLITIQUES VISANT À ATTÉNUER LES ÉMISSIONS DE GAZ DANS DIVERS SECTEURS (TRANSPORTS, PRODUCTIONS D'ÉLECTRICITÉ, UTILISATION FINALE DE L'ÉNERGIE, ETC.).

AU CANADA, ON S'EST ENGAGÉ À STABILISER LES GAZ À EFFET DE SERRE À COMPTER DE L'AN 2000. TOUTEFOIS, IL RESTE À DÉFINIR QUELLES SONT LES ACTIONS À ENTREPRENDRE POUR ASSURER LE RESPECT D'UN TEL ENGAGEMENT.

6- QUELQUES PERSPECTIVES POUR LES ANNÉES 90 EN GUISE DE CONCLUSION

À PARTIR DE L'ANALYSE PRÉCÉDENTE, ON PEUT CONCLURE QUE MALGRÉ LES PROGRÈS IMPORTANTS ENREGISTRÉS SUR DE NOMBREUX FRONTS, IL RESTE À RELEVER DES DÉFIS CONSIDÉRABLES EN MATIÈRE D'ENVIRONNEMENT.

ON DOIT ALLER BIEN AU-DELÀ DE LA STRATÉGIE "D'IDENTIFICATION ET DE RÉPARATION" QUI A CARACTÉRISÉ ET CARACTÉRISE ENCORE BIEN SOUVENT LES ACTIONS PRISES POUR LUTTER CONTRE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE. ON DEVRA MÊME DÉPASSER LA STRATÉGIE "DE PRÉVISION ET DE PRÉVENTION" POUR AMORCER UNE VÉRITABLE GESTION DE L'ENVIRONNEMENT, COMME LE PROPOSE D'AILLEURS LE RAPPORT DE LA COMMISSION MONDIALE SUR L'ENVIRONNEMENT ET LE DÉVELOPPEMENT (COMMISSION BRUNDTLAND).

IL CONVIENT DE SOULIGNER CERTAINS ÉLÉMENTS DE L'ÉVOLUTION SOCIALE, ÉCONOMIQUE ET POLITIQUE QUI EXERCENT ET EXERCERONT UNE INFLUENCE DÉTERMINANTE SUR CETTE GESTION:

- LA PRIORITÉ CROISSANTE ACCORDÉE AUX OBJECTIFS ENVIRONNEMENTAUX DANS LES POLITIQUES GOUVERNEMENTALES, ET CE DANS DIVERS DOMAINES (TRANSPORT, ÉNERGIE, DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE...);

- LES PRESSIONS INTENSES AUXQUELLES SONT SOUMIS LES POUVOIRS PUBLICS EN VUE D'AGIR IMMÉDIATEMENT À L'ÉGARD D'UNE LARGE GAMME DE PROBLÈMES, MÊME EN L'ABSENCE D'ÉVALUATIONS SCIENTIFIQUES APPROFONDIES DES RISQUES;

- LA NÉCESSITÉ DE TENIR COMPTE DE CONSIDÉRATIONS RÉGIONALES ET MÊME INTERNATIONALES;

- L'INTÉGRATION DES POLITIQUES EN MATIÈRE D'ENVIRONNEMENT ET D'ÉCONOMIE, L'UNE DES CLÉS DU DÉVELOPPEMENT DURABLE;

- L'UTILISATION DES INSTRUMENTS COMMERCIAUX ET DES MÉCANISMES DE MARCHÉ (TAXES, REDEVANCES, ÉCHANGES DE DROIT D'ÉMISSION) COMME DES MOYENS D'APPLIQUER LES POLITIQUES.

CETTE ÉVOLUTION NOUS INCITE À DÉPLOYER DES EFFORTS PLUS INTENSES ET RENOUVELÉS PORTANT SUR TOUT L'ÉVENTAIL DES PROBLÈMES ENVIRONNEMENTAUX AUXQUELS FONT FACE NOS SOCIÉTÉS. LES POUVOIRS PUBLICS NE DOIVENT PAS ÊTRE SEULS À AGIR, TOUS LES SECTEURS ÉCONOMIQUES DOIVENT ÊTRE IMPLIQUÉS, AINSI QUE LES CONSOMMATEURS, EN RAISON DE L'INFLUENCE GRANDISSANTE QUE CES DERNIERS EXERCENT SUR L'ÉVOLUTION DES MARCHÉS ET LE DÉVELOPPEMENT DE PRODUITS. IL VA FALLOIR RAMENER L'ATMOSPHÈRE À TERRE...

LES PRÉCIPITATIONS ACIDES AU QUÉBEC
BILAN DES ANNÉES 1981 À 1991

Gilles Boulet et Pierre Pinard

Ministère de l'Environnement du Québec
Direction des réseaux atmosphériques
2360 Chemin Sainte-Foy, Sainte-Foy
G1V 4H2

RÉSUMÉ

Pour des raisons d'ordres géographique et climatologique, le Québec est particulièrement vulnérable face aux polluants acides émis dans les régions situées au sud et au sud-ouest de la province. Ainsi tout le sud du Québec reçoit annuellement des dépôts humides de sulfates supérieurs à 20 kg/ha. De plus, les dépôts acides au Québec sont parmi les plus élevés en Amérique du Nord.

Dans cet article, nous décrivons dans un premier temps le réseau québécois de surveillance de la qualité des précipitations. Une situation météorologique typique produisant des dépôts acides est ensuite présentée et discutée. Nous commentons également la distribution spatiale des dépôts de substances acidifiantes au Québec ainsi que le comportement cyclique des principaux constituants chimiques des précipitations. Enfin, nous présentons les résultats de deux études traitant de l'évolution temporelle de la qualité des précipitations au Québec.

1. INTRODUCTION

Les principaux polluants responsables de l'acidification des précipitations sont les oxydes de soufre (SO_x) et les oxydes d'azote (NO_x). Ces polluants résultent principalement des activités humaines (procédés industriels, production électrique, transport, etc) bien que dans certaines régions, une contribution naturelle soit également appréciable. Ainsi, dans les régions côtières, une fraction des sulfates (SO_4) présents dans l'air et dans les précipitations provient des embruns marins.

Au cours de leur séjour dans l'atmosphère, les oxydes d'azote et les oxydes de soufre sont transportés par les vents sur des distances variant de quelques kilomètres à des milliers de kilomètres et sont également sujets à de nombreuses transformations chimiques. Les polluants acides sont entraînés au sol selon deux mécanismes différents. Ces mécanismes donnent lieu aux dépôts secs et aux dépôts humides. Les dépôts secs dont la mesure est délicate et demeure encore de nos jours difficile à réaliser, sont constitués de polluants gazeux ou particulaires qui sont entraînés au sol sous l'effet de la turbulence atmosphérique et de la gravité . Par ailleurs, la composante humide des dépôts acides accompagne les précipitations et est mesurée à l'aide d'une technologie relativement fiable qui a

été développée à la fin des années 70 puis améliorée au cours des années 80.

Étant donné le nombre restreint de mesures de dépôts secs effectuées jusqu'à maintenant au Québec et de la difficulté d'interpréter correctement ces mesures, on ne dispose actuellement que d'une évaluation très sommaire de la contribution des fractions sèches et humides aux dépôts acides totaux. Néanmoins selon une estimation récente (Lusis et al.,1990), les dépôts humides de SO_2 et SO_4 représenteraient environ 85% des dépôts totaux (secs et humides) d'oxydes de soufre. Enfin, les dépôts humides de NO_x représenteraient 40% à 70% des dépôts totaux (secs et humides) d'oxydes d'azote.

2. LE SUIVI ET LA MESURE DES DÉPÔTS HUMIDES DE SUBSTANCES ACIDIFIANTES

La plupart des réseaux nord-américains de mesure des dépôts humides de substances acidifiantes ont vu le jour à la fin des années 1970 et au début des années 1980. La distribution spatiale des stations de mesure situées dans la partie nord-est du continent nord-américain est présentée à la figure 1. On constate que les régions où l'on retrouve la plus grande densité de stations sont le sud de l'Ontario et le Québec méridional.

Au Québec, la mesure et le suivi des dépôts de substances acidifiantes sont effectués au moyen du réseau d'échantillonnage des précipitations du Québec (REPQ). Ce réseau comptait, en janvier 1991, 42 stations réparties sur l'ensemble du Québec. Soulignons toutefois que la densité du REPQ est plus importante dans les régions habitées du Québec et dans la région environnant la fonderie de Noranda. Chaque station du REPQ est équipée d'un collecteur automatique de précipitations. Ce collecteur est composé d'un récipient blanc opaque dont l'ouverture est de 594 cm^2. Un couvercle étanche relié à un mécanisme doté d'un circuit électronique de détection des précipitations recouvre le récipient durant les périodes sans précipitation. Le couvercle se déplace dès que commence un épisode de précipitations, exposant ainsi l'ouverture du récipient à l'air libre. Un sac de polyéthylène et de nylon placé à l'intérieur du récipient de collecte sert pour la cueillette des précipitations. À chaque mardi matin, après avoir préalablement homogénéisé le contenu du sac de collecte, un observateur prélève un échantillon de 250 ml des précipitations recueillies durant la semaine. Par la suite, il mesure le volume restant ou excédentaire. L'échantillon de précipitations est ensuite expédié au laboratoire du ministère de l'Environnement du Québec où l'on procède à son analyse physico-chimique.

Comme tous les autres grands réseaux de mesure, le REPQ s'est doté au cours des années d'un programme complet de contrôle et d'assurance de la qualité. Pour plus d'informations sur le programme d'assurance de la qualité du REPQ, nous référons le lecteur à Boulet et al (1989) pour les activités de terrain, à ministère de l'Environnement du Québec(1986) pour les activités de laboratoire et à Pinard (1991) pour le traitement et la validation des données.

3. SYSTÈMES MÉTÉOROLOGIQUES PRODUISANT DES RETOMBÉES ACIDES AU QUÉBEC

La figure 2 montre les trajectoires moyennes des dépressions qui influencent le Québec. Ces dépressions génèrent en basse altitude sur toute la partie nord-est du continent nord-américain un flux d'air en provenance du sud et du sud-ouest. Ce flux méridional draine vers le Québec les polluants atmosphériques émis dans les régions fortement industrialisées et à grande densité de population du sud de l'Ontario et du Mid-West américain. En somme, pour des raisons d'ordres géographique et climatologique, le Québec est particulièrement vulnérable face aux polluants acides émis dans les régions situées au sud et au sud-ouest de la province.

On présente à la figure 3 un exemple de systèmes météorologiques produisant des dépôts acidifiants au Québec. Cette situation s'est produite les 21, 22 et 23 mai 1987 et a engendré des précipitations particulièrement acides au Québec méridional. Lors de ces journées, le Québec a été sous l'influence principalement de deux dépressions. L'une d'elles a pris naissance dans les prairies canadiennes le 19 mai, pour ensuite se déplacer vers le nord-est et atteindre la Baie d'Hudson dans la journée du 21 mai. La seconde dépression originait des états du Dakota du sud et du Minnesota. Elle a atteint le sud de l'Ontario les 22 et 23 mai pour finalement se diriger vers la côte est-américaine. Ces deux systèmes météorologiques étaient reliés entre eux par un vaste creux de pression qui a engendré au Québec méridional des vents des secteurs sud, sud-est et sud-ouest les 21, 22 mai. Ce vaste système dépressionnaire a apporté des précipitations relativement abondantes dans tout le sud du Québec. En effet, au cours de la période débutant le 21 mai et se terminant le 23 mai, des précipitations supérieures à 40 mm ont été enregistrées dans le sud des Laurentides et dans les zones situées près de la vallée du Saint-Laurent. De plus, ces pluies abondantes étaient accompagnées d'une activité convective relativement importante puisque des orages violents ont été rapportés en maints endroits.

La figure 4 illustre la provenance des masses d'air qui ont influencé la région de Chalk River les 21, 22 et 23 mai 1987. L'itinéraire emprunté par les masses d'air a été évalué à l'aide d'un modèle de rétrotrajectoires qui tient compte de la circulation atmosphérique en altitude. Les rétrotrajectoires obtenues pour la période du 21 au 23 mai ont ensuite servi à tracer le corridor présenté à la figure 4. Ce corridor représente la provenance la plus probable des masses d'air qui ont engendré des précipitations abondantes le long de la Rivière des Outaouais les 21, 22 et 23 mai. On constate que les régions fortement industrialisées de l'Ohio, du Michigan et du sud de l'Ontario sont en partie responsables de la composition chimique des précipitations reçues dans l'Outaouais au cours de cette période. Le pH des précipitations recueillies aux stations du REPQ lors de cet événement est présenté à la figure 5.

On note que le pH des précipitations reçues en Estrie, dans l'Outaouais et en Abitibi est inférieur à 4,0. Ainsi, des pH de 3,98, 3,97 et 3,64 ont été enregistrés respectivement aux stations de Sutton en Estrie, de Montebello dans l'Outaouais et de La Morandière en Abitibi. Ces précipitations étaient donc de 42 à 91 fois plus acides qu'une pluie "normale"(pH = 5,6).

La distribution spatiale des concentrations en sulfates dans les eaux de précipitations est illustrée à la figure 6. On observe des concentrations en sulfates supérieures à 100 µéq/l dans toute la partie ouest et sud-ouest de la province. De plus, on note une excellente corrélation entre la concentration en sulfates et le pH des précipitations. Ceci n'est guère surprenant puisque les sulfates constituent la principale cause de l'acidification des précipitations au Québec. D'autre part, il est intéressant d'observer que dans certaines régions, notamment le long de la Vallée du Saint-Laurent, les isolignes de pH et de concentrations en sulfates ont une forme particulièrement sinueuse. Ceci est attribuable, entre autres, à la variabilité des conditions météorologiques qui ont prévalu sur ce territoire lors de cet événement. À titre d'exemple, mentionnons que la présence de cellules orageuses contribue à cette variabilité météorologique. En effet, les orages touchent généralement de petites régions et sont de courtes durées.

La composition chimique des échantillons de précipitations prélevés à quelques-unes des stations du REPQ est présentée au tableau 1. Pour faciliter l'interprétation de ces résultats, nous avons regroupé les stations en trois (3) régions: Abitibi, Estrie/Montréal/Outaouais et vallée du Saint-Laurent.

Il ressort de ce tableau que les principaux ions présents dans les précipitations sont: SO_4, NO_3, NH_4 et H. Les teneurs en Cl, Na, Ca, Mg et K demeurent relativement faibles dans la plupart des échantillons. Par ailleurs, on constate que la stoechiométrie des précipitations n'est pas la même pour les trois (3) régions considérées. En effet, le rapport SO_4/NO_3 atteint une valeur moyenne de 4,4 en Abitibi, alors que dans les régions de l'Estrie/Montréal/Outaouais et dans la vallée du Saint-Laurent, ce rapport prend une valeur moyenne de 2,1. Cette différence importante est attribuable à la contribution de Mines Noranda et de l'Inco aux dépôts acides en Abitibi. En effet, les vents qui ont prévalu les 21 et 22 mai font que ces deux sources sont situées directement en amont des stations de mesure de l'Abitibi. De plus, les cartes de concentrations en sulfates et de pH (figures 6 et 5) laissent également deviner l'influence qu'ont ces sources sur la qualité des précipitations en Abitibi.

La figure 7 montre le dépôt humide de sulfates pour la période du 21 au 23 mai 1987. Les dépôts calculés varient entre 0,17 et 2,24 kg/ha. Les régions de l'Outaouais et des Laurentides au nord de Montréal ont reçu les dépôts humides de sulfates les plus élevés. En effet, des dépôts aussi élevés que 2,24 et 2,14 kg/ha ont été enregistrés aux stations de Wright dans l'Outaouais et de Saint-Hippolyte au nord de Montréal.

4. DISTRIBUTION SPATIALE DES DÉPÔTS HUMIDES ANNUELS DE SUBSTANCES ACIDIFIANTES

Les figures 8 et 9 présentent les dépôts humides annuels moyens de SO_4 et de NO_3 pour la période 1986 à 1988 inclusivement. Sur le Québec méridional les dépôts humides varient entre 13 et 32 kg/ha/an de SO_4 et entre 9 et 25 kg/ha/an de NO_3. C'est l'extrême sud du Québec et la vallée du Saint-Laurent qui reçoivent les plus forts dépôts humides de sulfates et de nitrates. Des dépôts relativement élevés sont aussi observés dans les Laurentides au nord de Québec en raison notamment de l'abondance des précipitations dans cette région. Notons également que les répartitions spatiales des dépôts humides de nitrates et de sulfates ont sensiblement la même forme sauf dans la région de L'Abitibi. Cette région est en effet soumise à l'influence directe de sources importantes d'anhydride sulfureux. Enfin, soulignons qu'au cours de la période 1986 à 1988 un territoire de 197 700 km^2 du Québec recevait un dépôt humide de sulfates supérieur à 20 kg/ha/an.

Les figures 10 et 11 présentent le dépôt humide annuel moyen de NH_4 et le pH annuel moyen des précipitations au cours de la période 1986 à 1988. Précisons que l'azote ammoniacal (NH_4) est associé aux processus de dégradation de la matière organique, aux feux de forêts ainsi qu'à la fertilisation des terres agricoles (Nilsson, 1986). L'azote ammoniacal joue également un rôle important dans la neutralisation de l'acidité des précipitations (Record et al., 1982).

Le dépôt humide annuel moyen de NH_4 varie de 1,3 à 5,3 kg/ha/an sur le Québec méridional et montre des maxima dans la vallée du Saint-Laurent et en Abitibi. En ce qui concerne le pH, on constate qu'il varie entre 4,25 et 4,50 sur le territoire situé au sud du 50e parallèle. De plus, comme dans le cas des ions SO_4, NO_3 et NH_4, le pH présente une répartition spatiale qui laisse deviner l'influence de régions sources situées en Ontario, dans le Mid-West américain et également au Québec.

5. ÉVOLUTION TEMPORELLE DES PRÉCIPITATIONS ACIDES AU QUÉBEC

A première vue, la concentration des ions présents dans les précipitations se résume en une succession irrégulière dans le temps de valeurs élevées et de valeurs basses. Ce comportement complexe en apparence peut être expliqué si on considère que le signal observé (concentration d'un ion, pH, etc.) résulte en fait de la superposition de plusieurs composantes: 1) de fluctuations rapides résultant de la succession plus ou moins régulière des basses et hautes pressions, 2) de cycles liés à la variation mensuelle, saisonnière et annuelle des conditions climatiques, 3) une tendance à long terme découlant notamment de l'évolution des émissions des polluants précurseurs des dépôts acides. Dans cette section nous commentons d'abord brièvement la variation mensuelle de la composition chimique des précipitations. Par la suite nous présentons les résultats de deux

études traitant des tendances temporelles des données de la qualité des précipitations au Québec.

5.1 VARIATION MENSUELLE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DES PRÉCIPITATIONS

La figure 12 illustre le comportement cyclique des principaux ions présents dans les précipitations à la station Forêt-Montmorency située au nord de Québec. Cette figure présente la concentration mensuelle moyenne de SO_4, NO_3 et de NH_4 dans les précipitations. On constate d'abord que les concentrations mensuelles moyennes de SO_4 et de NH_4 présentent un maximum absolu en mai. De plus, on note une excellente corrélation entre les concentrations mensuelles moyennes de SO_4 et de NH_4. Ceci n'est guère surprenant puisque les aérosols constitués de sulfate d'ammonium sont fréquemment observés dans l'atmosphère (Clément, 1991). D'autre part, on doit souligner qu'en général, la concentration mensuelle moyenne de SO_4 présente un maximum quelque part entre les mois de mai et de septembre à chacune des stations de mesure situées au Québec méridional. Ceci s'explique facilement puisqu'il s'agit de la période de l'année au cours de laquelle l'intensité de la radiation solaire est à son maximum ce qui favorise l'oxydation rapide de l'anhydride sulfureux en sulfates. En ce qui concerne la concentration mensuelle moyenne de NH_4 celle-ci varie considérablement d'une station à l'autre. Ainsi, en milieu agricole notamment à Sainte-Catherine près de Québec, la concentration mensuelle moyenne en NH_4 dans les précipitations enregistre des maxima bien marqués lors des mois de mai et octobre. Dans ce cas, l'érosion éolienne des sols de même que l'épandage d'engrais exercent une influence non négligeable sur les teneurs en NH_4 des précipitations. Enfin, on observe également une variation mensuelle significative de la teneur en NO_3 dans les précipitations à Forêt-Montmorency. La concentration mensuelle moyenne en NO_3 enregistre un maximum en hiver et atteint une valeur minimale lors des mois d'été. Or, il est sans doute utile de rappeler que, contrairement aux oxydes de soufre, les oxydes d'azote sont rejetés dans l'atmosphère principalement par les agglomérations urbaines notamment par le secteur des transports et par la combustion à usages industriel, commercial et résidentiel (chauffage des bâtiments par exemple). Les rejets atmosphériques de NO_x se produisent généralement près du sol et sont par conséquent confinés ou piégés à l'intérieur de la couche limite atmosphérique. Or l'épaisseur de cette couche varie considérablement au cours de l'année. Elle est d'environ 400 m en hiver et augmente à plus de 1500 m en été. L'hiver n'est donc pas une saison propice à une grande dilution des rejets de NO_x dans l'atmosphère. D'autre part, une augmentation des émissions de NO_x en hiver reliée notamment au chauffage des bâtiments est un autre facteur permettant d'expliquer la variation mensuelle des concentrations en nitrates dans les précipitations.

5.2 TENDANCES TEMPORELLES DE LA QUALITÉ DES PRÉCIPITATIONS

Depuis le début des années 1980, les émissions nord américaines de SO_2 ont enregistrées une légère tendance à la baisse. Ceci s'est traduit par une baisse significative des teneurs en SO_4 dans l'air et dans les précipitations en certains endroits notamment dans le sud de l'Ontario (Lusis et al., 1990). Ici au Québec, des tendances temporelles de certains paramètres de la qualité des précipitations peuvent également être mises en évidence. Nous décrivons ici les tendances observées dans les concentrations et les dépôts de sulfates pour deux régions au Québec: l'Abitibi et l'extrême sud de la province.

La figure 13 illustre la tendance observée en Abitibi dans la teneur en sulfates des eaux de précipitations (les stations La Morandière, Lebel sur Quévillon, Mont-Brun et Rivière Kinojévis ont été retenues pour cette étude). Cette figure montre les distributions comparées des teneurs en SO_4 pour deux périodes: 1986 à 1988 (représentée par la ligne continue) et juillet 1990 à juillet 1991 (représentée par la ligne tiretée). Comme on peut le constater les teneurs en sulfates enregistrent une baisse significative[1] en Abitibi lors de ces années. Ainsi, la teneur médiane en SO_4 enregistre une diminution de 10 μéq/l soit une réduction d'environ 20%. De plus, comme les précipitations annuelles sont demeurées sensiblement les mêmes au cours des deux périodes, les dépôts humides de sulfates ont également enregistrés une diminution de l'ordre de 20% en Abitibi. Cette diminution peut être attribuée, en parties, au fait que Mines Noranda a réduit ses émissions d'anhydride sulfureux de plus de 50% en 1989.

A titre d'illustration nous présentons à la figure 14 les distributions comparées (pour les périodes 1986 à 1988 et juillet 1990 à juillet 1991) des teneurs en sulfates pour le sud du Québec. Soulignons que les stations de Sutton en Estrie et de Hemmingford au sud de Montréal ont servi à ces calculs. Pour ces stations aucune variation significative (au niveau 95%; $\alpha = 0{,}05$)[1] de la teneur en SO_4 n'est observée. Notons qu'en raison de la position géographique de ces stations il est peu probable que celles-ci subissent une influence importante de la part de Mines Noranda.

Dans la suite de cette étude nous avons appliqué le test de Mann-Kendall (Gilbert, 1987) aux données de la station de Sutton pour la période s'étendant de juin 1984 à juin 1991. Le test de Mann-Kendall permet de détecter des tendances dans les séries chronologiques à l'aide de méthodes non paramétriques. Il a été appliqué aux données hebdomadaires suivantes: concentrations en sulfates, hauteurs des

---

[1] Le test statistique de Kolmogorov-Smirnov (Keeping, 1962) a été appliqué à ces observations afin d'évaluer si les distributions des teneurs en SO_4 varient significativement.

précipitations et dépôts de sulfates. Soulignons que ces données ont d'abord été désaisonnalisées et que les concentrations ont également été corrigées pour la hauteur des précipitations. Cette correction repose sur le fait qu'il existe une relation significative entre la hauteur des précipitations et les teneurs en sulfates. En effet, on observe que les valeurs élevées de concentrations en sulfates sont généralement associées à de faibles précipitations alors que les faibles teneurs en sulfates résultent généralement de fortes précipitations. Cette correction ainsi que la désaisonnalisation permettent de réduire l'influence qu'exercent les conditions météorologiques et de n'extraire des observations que la tendance à long terme.

Le tableau suivant résume brièvement les résultats obtenus pour Sutton.

Tableau 2: Tendances temporelles (juin 1984 à juin 1991) de l'ion SO_4 et de la hauteur des précipitations à Sutton.

Paramètre	**Tendance (au niveau 95%; $\alpha = 0,05$)**
teneurs en SO_4	à la baisse
hauteurs des précipitations	aucune
dépôts de SO_4	aucune

On constate que les précipitations et les dépôts de sulfates n'ont pas variés de façon significative au cours de la période s'étendant de juin 1984 à juin 1991. Par contre, on note une diminution significative (au niveau 95%; $\alpha = 0,05$) de la teneur en sulfates dans les précipitations. À l'aide de l'estimateur de tendance de Sen (Gilbert, 1987), on évalue que la concentration en sulfates a diminuée de 1,7 µéq/l/année ce qui correspond à une tendance à la baisse de 3,3%/année. Rappelons qu'en raison de sa position géographique, la région de Sutton subit principalement l'influence des sources situées aux États-Unis et dans le sud de l'Ontario.

Enfin, il peut paraître étonnant que les dépôts de SO_4 n'aient enregistré aucune baisse significative alors que les concentrations en SO_4 ont diminué à un taux de 3,3 %/année. On doit rappeler ici que le dépôt est calculé comme le produit de la concentration par le hauteur des précipitations. Or, les précipitations ont enregistré une légère augmentation au cours de la période considérée (juin 1984 à juin 1991). Quoique non significative, cette augmentation de la hauteur des précipitations est néanmoins bien réelle. Ainsi, la réduction des concentrations de SO_4 combinée à la légère augmentation des précipitations fait en sorte que les dépôts de sulfates ne varient pas de façon significative.

6. CONCLUSIONS

Le sud du Québec reçoit annuellement des dépôts humides de sulfates supérieurs au dépôt cible de 20 kg/ha de SO_4. Par surcroît les dépôts humides de sulfates observés au Québec sont parmi les plus élevés en Amérique du Nord. La répartition spatiale de ces dépôts laisse deviner l'influence de régions fortement industrialisées comme le sud de l'Ontario et le Mid-West américain.

Depuis le début des années 1980, les émissions nord américaines de SO_2 ont enregistrées une légère diminution. Ceci s'est traduit en certains endroits au Québec par une baisse significative des dépôts de substances acidifiantes. Ce fut le cas en Abitibi où les dépôts humides de sulfates ont diminués d'environ 20% à la fin des années 1980 en raison notamment de la réduction des émissions de SO_2 de Mines Noranda. Dans le sud du Québec l'évolution des précipitations acides est beaucoup moins claire mais demeure néanmoins encourageante. Ainsi, on observe à Sutton en Estrie une diminution des teneurs en sulfates dans les précipitations d'environ 3,3 %/année au cours de la période s'étendant de juin 1984 à juin 1991. Toutefois aucune variation significative des dépots humides de sulfates en Estrie n'est observée au cours de cette même période. Il faudra rester vigilant et suivre de près les répercussions des politiques américaines de réduction des émissions associées au Clean Air Act. Pour ce faire, il apparaît essentiel de maintenir en place le réseau d'échantillonnage des précipitations du Québec (REPQ).

7. BIBLIOGRAPHIE

Boulet, G. et G. Jacques, 1989, Réseau d'échantillonnage des précipitations du Québec: Sommaire des données de la qualité des eaux de précipitations 1987, ministère de l'Environnement du Québec, PA-37, 90 pages.

Clément, B. et M. Baril, 1991, Étude des aérosols sulfatés d'origine atmosphérique par la méthode spot, Université Laval, Rapport remis au Ministère de l'Environnement du Québec, 61 pages.

Gilbert, R.O., 1987, Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring, Van Nostrand Reinhold, New York, 320 pages.

Keeping, E.S., 1962, Introduction to statistical inference, D. Van Nostrand Compagny, New Jersey, 451 pages.

Lusis, M.A. et M.L. Phillips, 1990, Rapport de 1990 sur le transport à distance des polluants atmosphériques et sur les dépôts acides, Partie 3: Sciences atmosphériques, 395 pages.

Ministère de l'Environnement du Québec, 1986, Manuel de procédures de contrôle de la qualité, Rapport interne, 49 pages.

Nilsson, E.J., 1986, Critical loads for sulphur and nitrogen, Report from nordic working group, 232 pages.

Paradis, D., 1985, Variabilité spatio-temporelle des précipitations acides sur le Québec méridional (1982-1983), Thèse de maîtrise, Université de Sherbrooke, 221 pages.

Pinard, P., 1991, Validation des données du réseau d'échantillonnage des précipitations du Québec, rapport interne, en préparation.

Proulx, H., G. Jacques, A.M. Lamothe et J. Litynski, 1987, Climatologie du Québec méridional, M.P. 65, Ministère de l'Environnement du Québec, 198 pages.

Record, F.A., D.V. Bubenick et Kindya, 1982, Acid rain information book, Noyer Data Corporation, New Jersey.

8. REMERCIEMENTS

Les auteurs désirent remercier Madame Lise Beaulieu qui a entièrement réalisé les tableaux et les figures nécessaires à cette présentation.

Figure 1: Réseau d'échantillonnage des précipitations du Québec (REPQ). En médaillon: emplacement géographique des stations de surveillance de la qualité des eaux de précipitations dans la partie est de l'Amérique du Nord (1987).

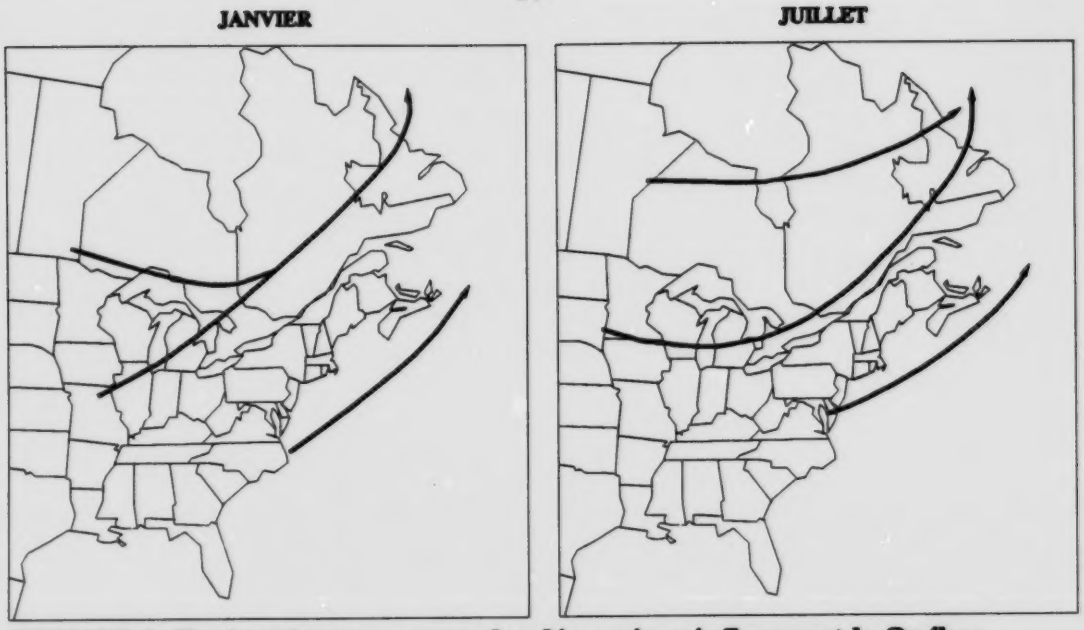
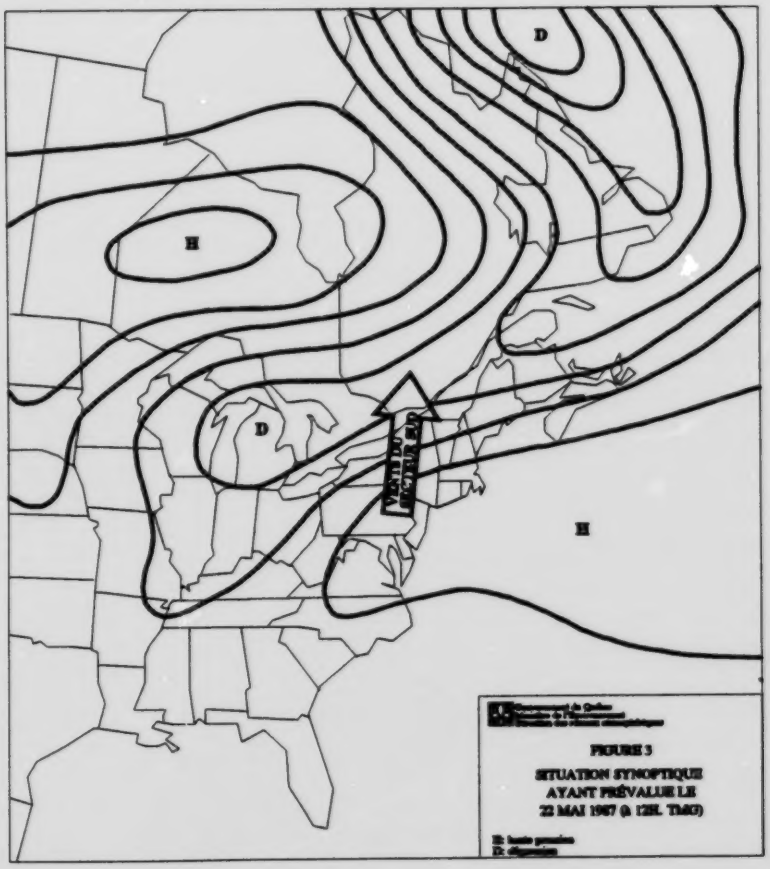


FIGURE 2: Trajectoires moyennes des dépressions influençant le Québec (d'après Proulx et al, 1987)



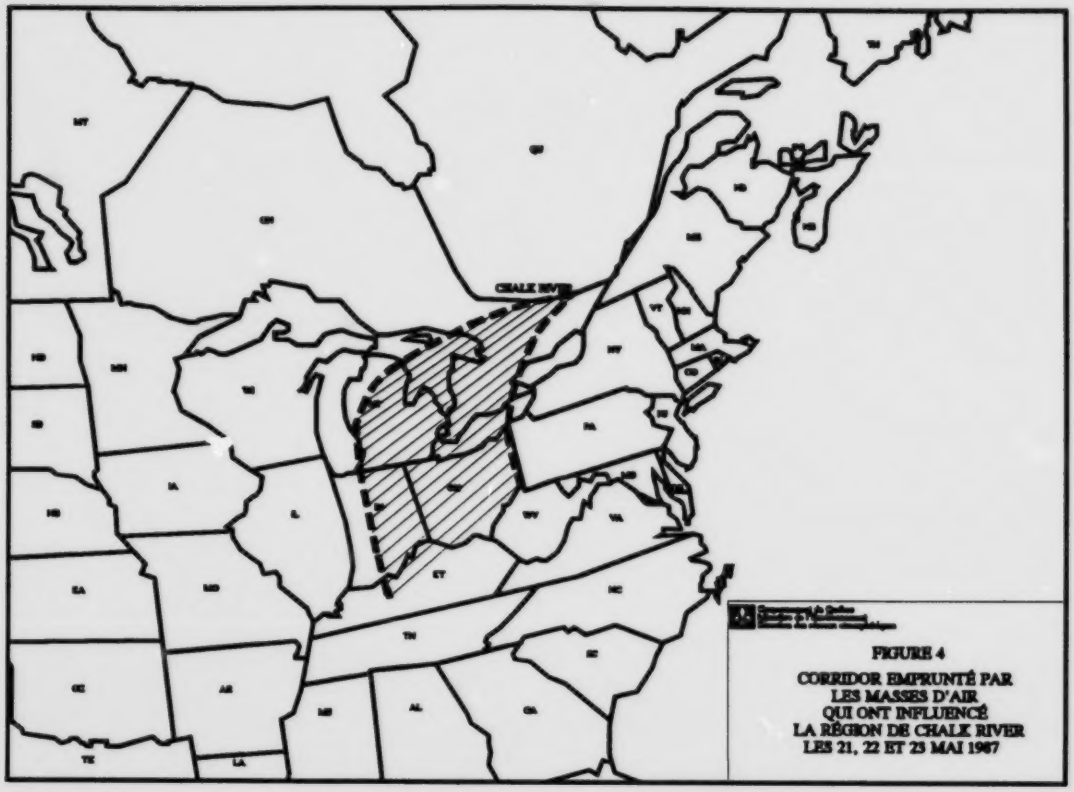


FIGURE 4

CORRIDOR EMPRUNTÉ PAR
LES MASSES D'AIR
QUI ONT INFLUENCÉ
LA RÉGION DE CHALK RIVER
LES 21, 22 ET 23 MAI 1987

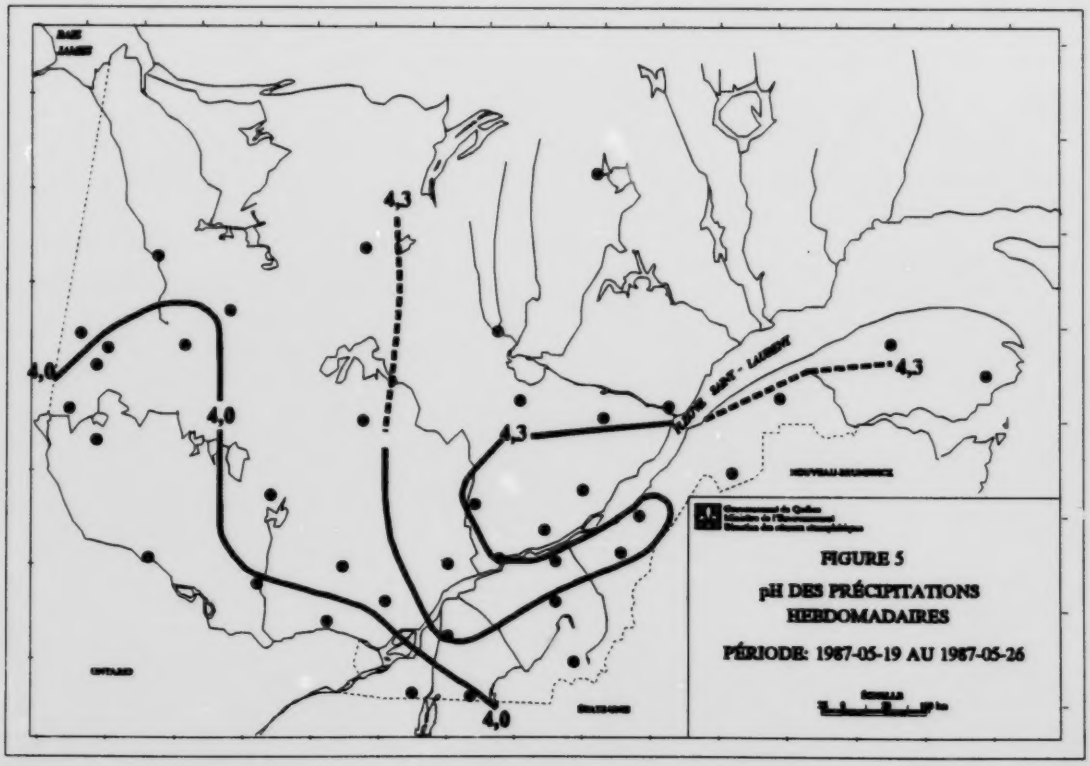
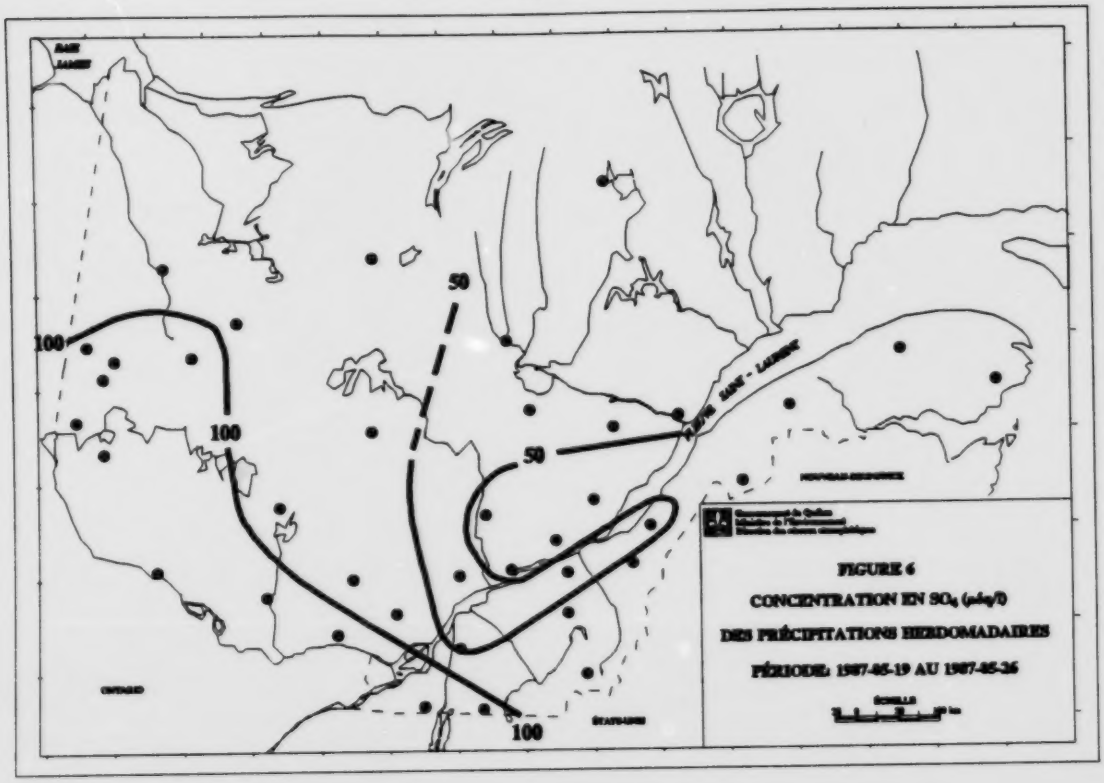
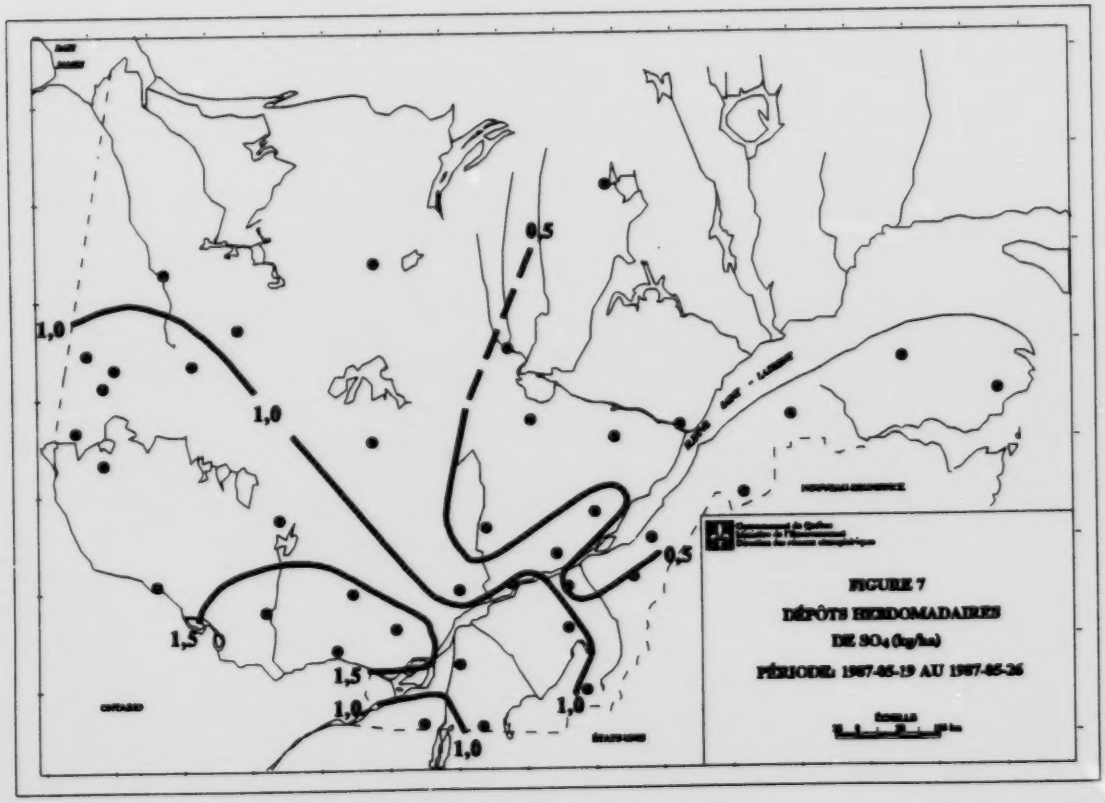


FIGURE 5

pH DES PRÉCIPITATIONS
HEBDOMADAIRES

PÉRIODE: 1987-05-19 AU 1987-05-26


50
100
100
50
100
FIGURE 6
CONCENTRATION EN SO_4 (µéq/l)
DES PRÉCIPITATIONS HEBDOMADAIRES
PÉRIODE: 1987-05-19 AU 1987-05-26


0,5
1,0
1,0
0,5
1,5
1,5
1,0
1,0
1,0
FIGURE 7
DÉPÔTS HEBDOMADAIRES
DE SO_4 (kg/ha)
PÉRIODE: 1987-05-19 AU 1987-05-26

ESTRIE-MONTRÉAL-OUTAOUAIS

	Sutton	Hemmingford	Saint-Hippolyte	Montébello	Wright
SO4	114	122	97	106	103
NO3	69	55	39	48	43
Cl	7	12	7	6	8
NH4	59,3	55,7	32,8	36,4	40,0
H	114	110	95	110	102
Na	2,6	3,5	2,6	1,3	1,3
Ca	10,0	14,5	6,5	5,5	5,0
Mg	2,5	4,1	2,5	1,6	1,6
K	1,0	1,3	1,00	0,15	0,15
pH	3,95	3,97	4,03	3,97	4,00
Cond.	58,0	55,0	47,3	53,0	50,0
SO4/NO3	1,7	2,2	2,5	2,2	2,4

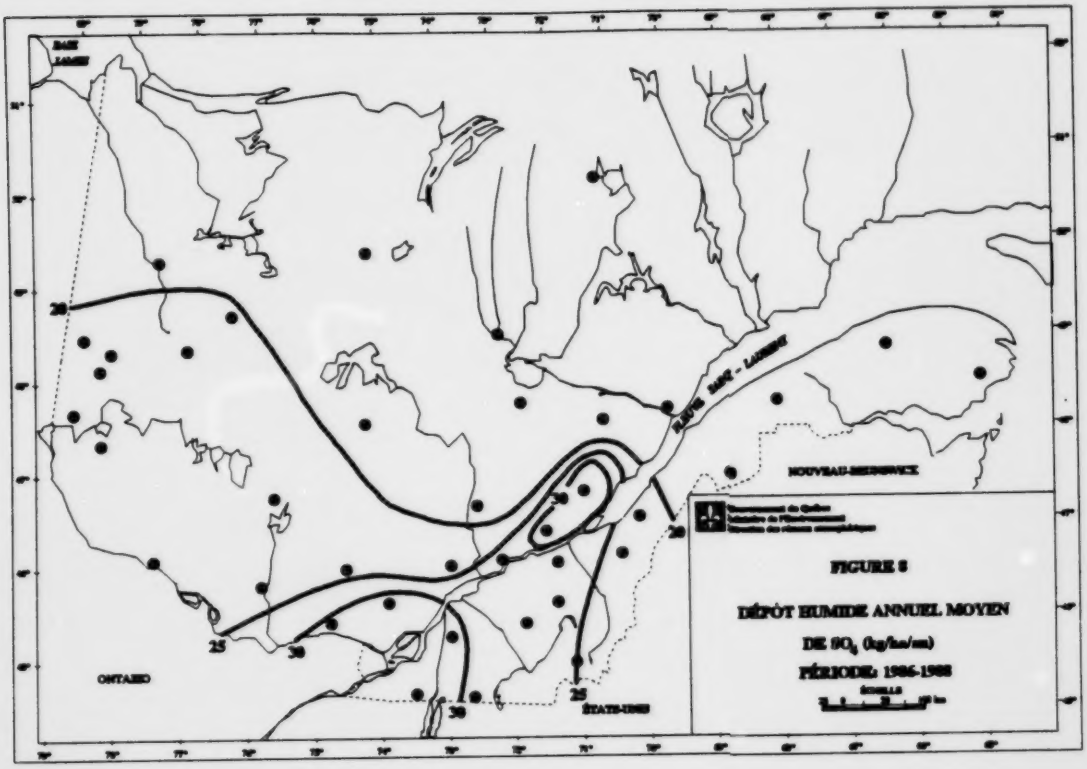
VALLÉE DU SAINT-LAURENT

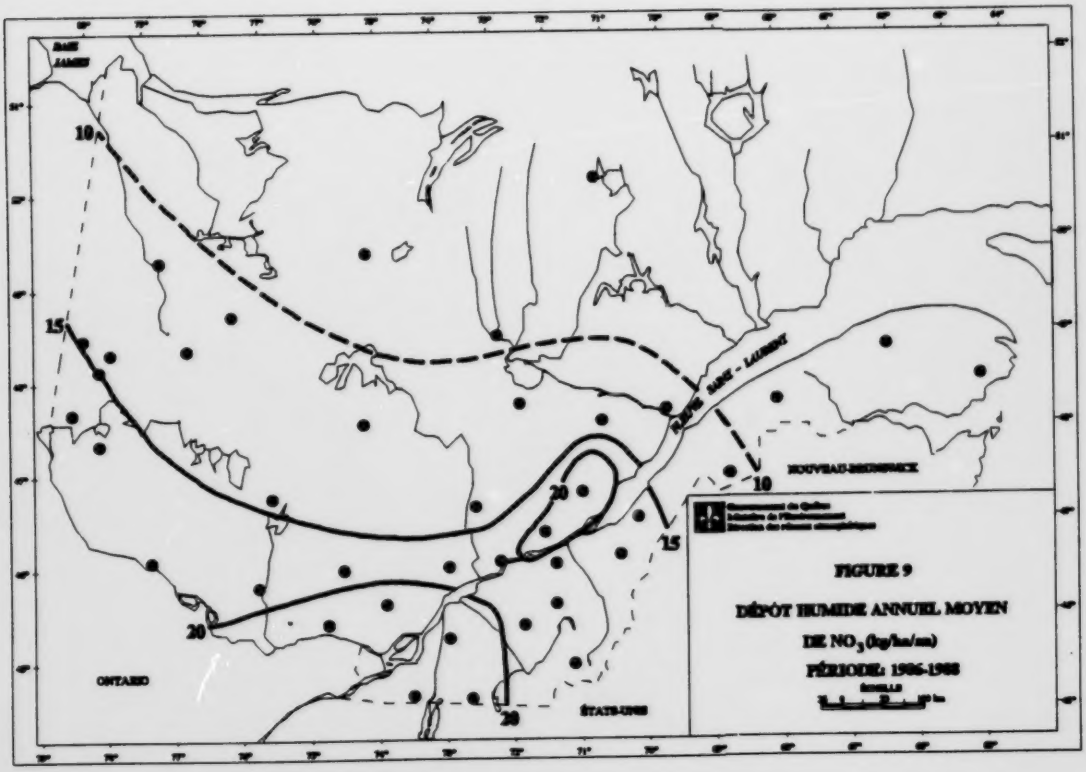
	Sainte-Madeleine	Saint-Alexis	Saint-Flavien	Saint-Narcisse	Sainte-Catherine	Grande-Anse	Forêt-Montmorency
SO4	48	32	29	58	69	68	110
NO3	24	16	17	22	35	32	56
Cl	3	1	3	6	8	6	5
NH4	30,0	11,4	25,0	22,8	33,6	29,3	41,4
H	37	31	17	52	63	60	119
Na	1,7	1,3	1,7	1,7	4,8	3,0	2,6
Ca	4,5	3,0	3,5	3,5	9,0	7,0	6,0
Mg	0,8	0,4	0,4	0,8	2,5	1,6	16,4
K	0,8	0,5	0,5	0,15	1,00	2,80	0,8
pH	4,44	4,51	4,77	4,29	4,21	4,23	3,93
Cond.	20,3	15,7	10,7	26,3	33,0	30,5	56,0
SO4/NO3	2,0	2,0	1,7	2,6	2,0	2,1	2,0

ABITIBI

	Duparquet	Mont-Brun	La Morandière	Lebel-Sur-Quévillon	Joutel
SO4	104	126	280	96	56
NO3	25	39	75	19	10
Cl	7	10	1	5	1
NH4	30	52,8	96,4	20	7,1
H	94	114	236	94	57
Na	0,9	1,3	4,3	0,2	0,2
Ca	3,0	2,0	10,0	1,0	1,0
Mg	1,6	0,4	4,1	0,4	0,4
K	1,50	0,50	4,90	0,15	0,15
pH	4,03	3,95	3,64	4,03	4,25
Cond.	45,5	56,0	110,0	42,7	24,5
SO4/NO3	4,2	3,2	3,7	5,1	5,6

Tableau 1: Caractéristiques physico-chimiques des précipitations pour la période du 19 au 26 mai 1987.
Les concentrations sont exprimées en µéq/l et la conductivité en micromhos/cm.


BAIE JAMES
20
25
30
30
25
20
FLEUVE SAINT-LAURENT
NOUVEAU-BRUNSWICK
ONTARIO
ÉTATS-UNIS
Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
Direction des réseaux atmosphériques
FIGURE 8
DÉPÔT HUMIDE ANNUEL MOYEN
DE SO_4 (kg/ha/an)
PÉRIODE: 1986-1988
ÉCHELLE


BAIE JAMES
10
15
20
20
10
15
FLEUVE SAINT-LAURENT
NOUVEAU-BRUNSWICK
ONTARIO
ÉTATS-UNIS
Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
Direction des réseaux atmosphériques
FIGURE 9
DÉPÔT HUMIDE ANNUEL MOYEN
DE NO_3 (kg/ha/an)
PÉRIODE: 1986-1988
ÉCHELLE

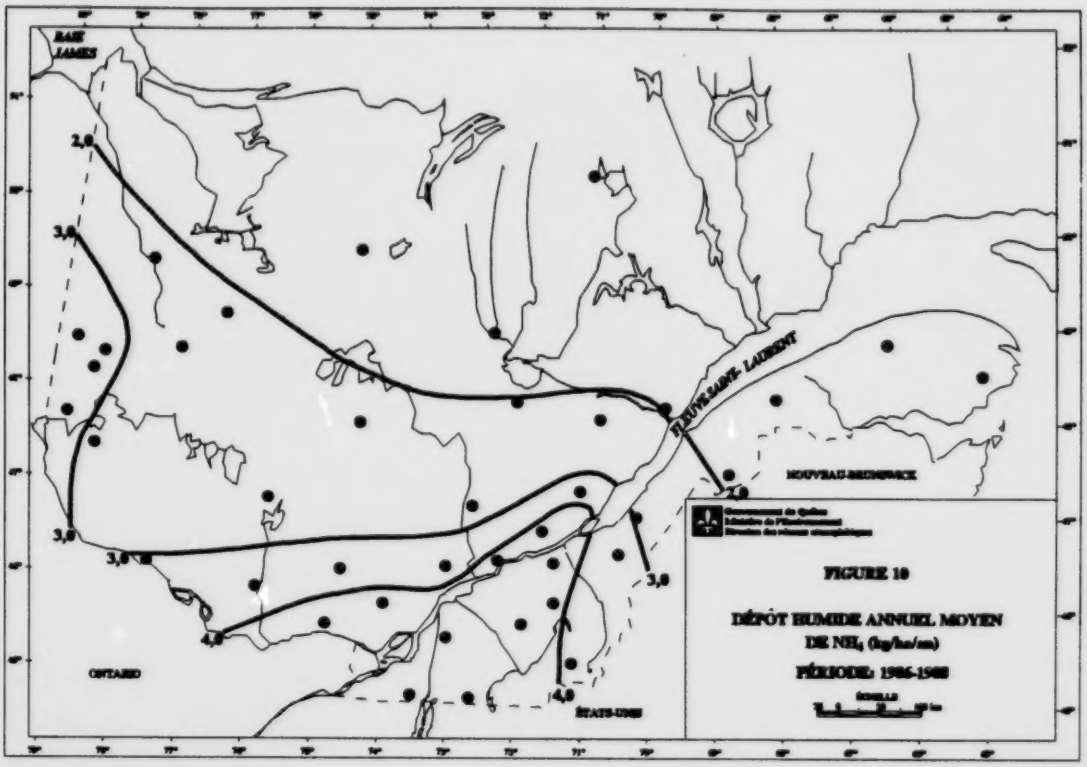


FIGURE 10

DÉPÔT HUMIDE ANNUEL MOYEN DE NH_4 (kg/ha/an)

PÉRIODE: 1986-1988

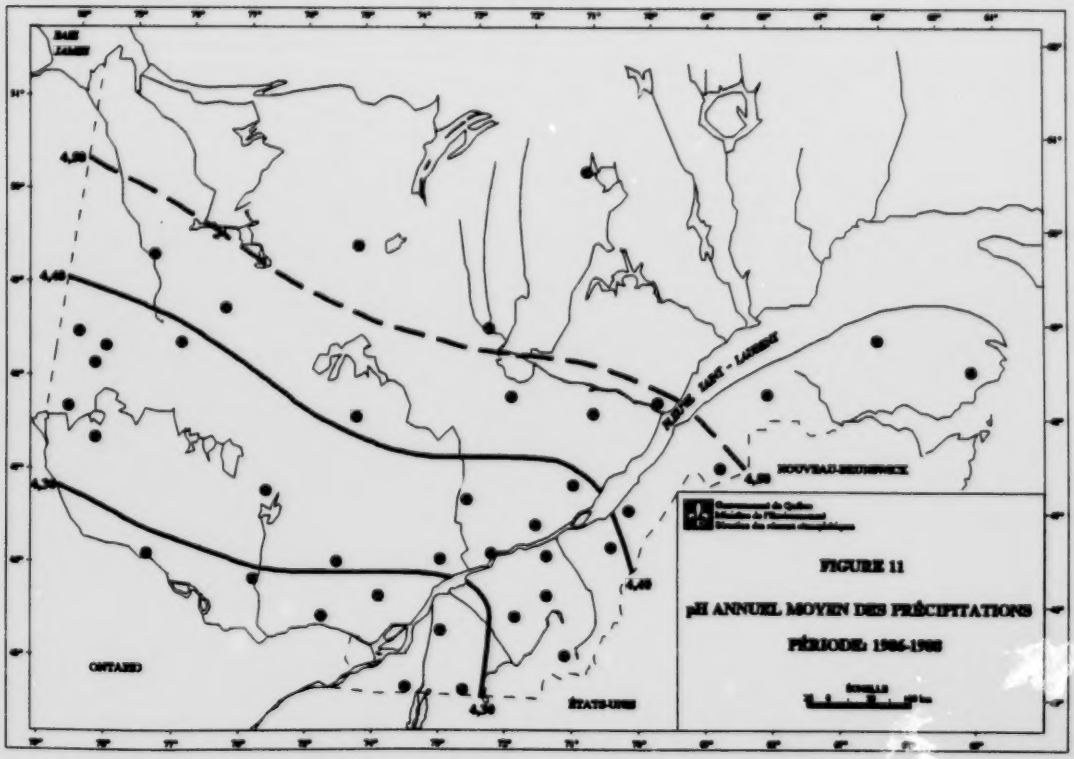


FIGURE 11

pH ANNUEL MOYEN DES PRÉCIPITATIONS

PÉRIODE: 1986-1988

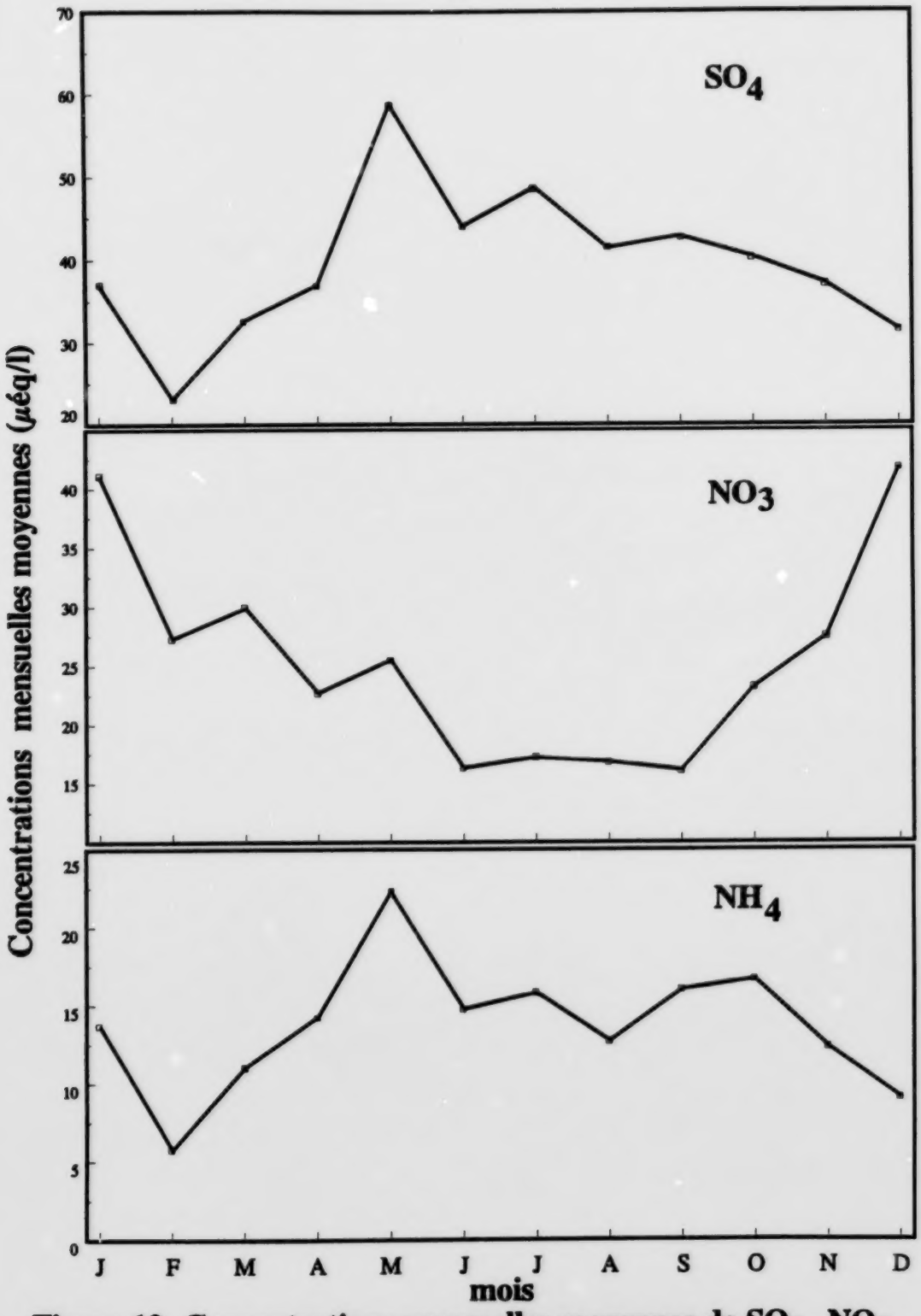


Figure 12: Concentrations mensuelles moyennes de SO_4 , NO_3 et de NH_4 (µéq/l) à Forêt-Montmorency (1981 à 1988).

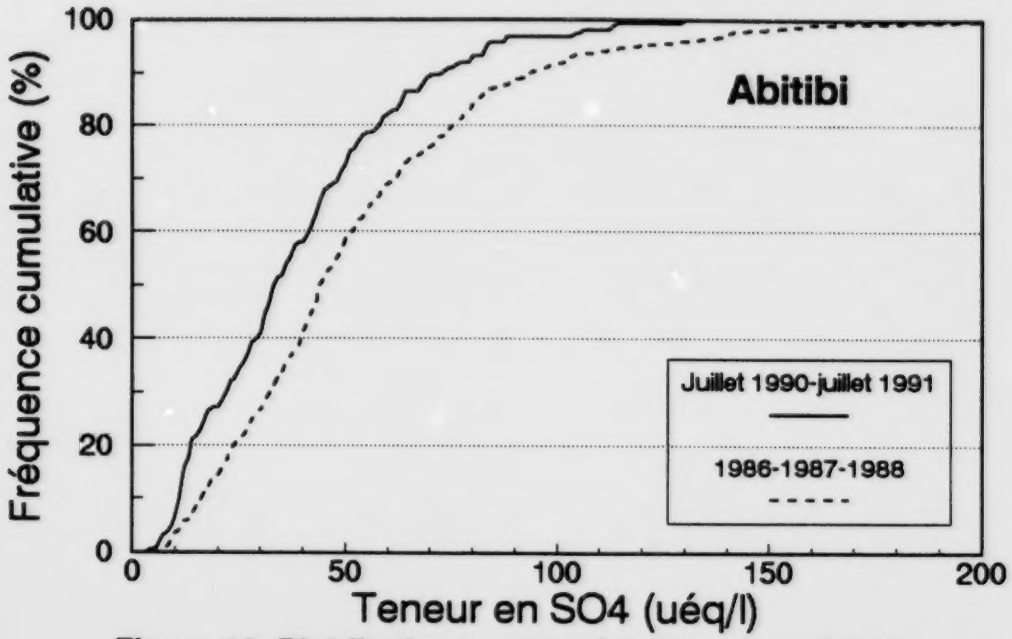


Figure 13: Distributions comparées (pour les périodes 1986 à 1988 et juillet 1990 à juillet 1991) des teneurs en sulfates en Abitibi.

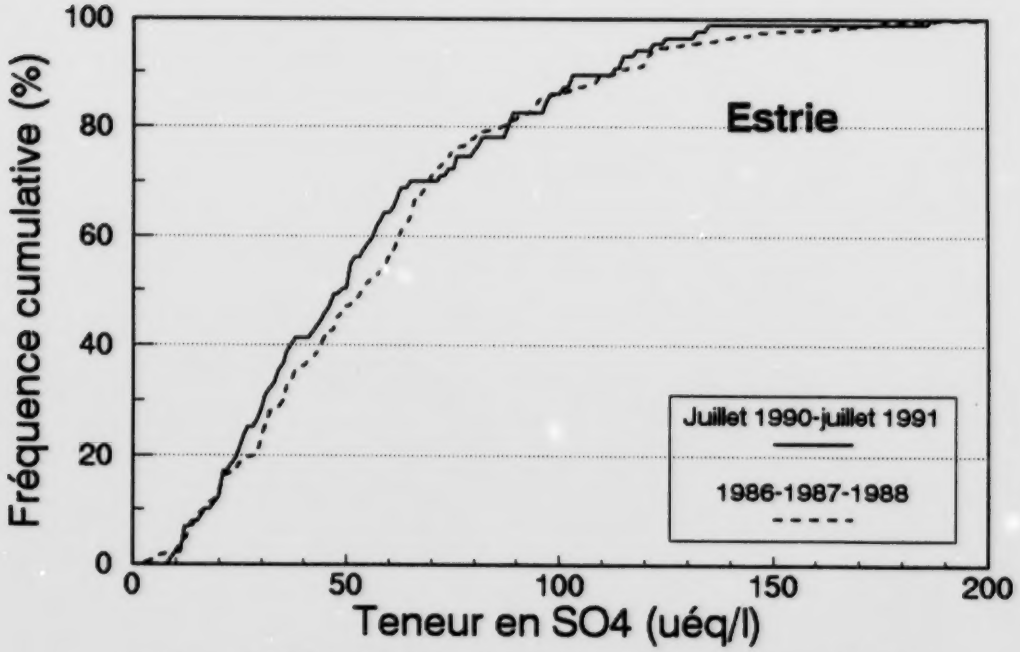


Figure 14: Distributions comparées (pour les périodes 1986 à 1988 et juillet 1990 à juillet 1991) des teneurs en sulfates en Estrie.

LES EFFETS DES PRÉCIPITATIONS ACIDES SUR LA PHYSICO-CHIMIE DES EAUX DE SURFACE DU QUÉBEC

par

Jacques DUPONT[1] et Madeleine PAPINEAU[2]

4 novembre 1991
Hotel Reine-Élisabeth
Montréal

[1]Direction de la qualité des cours d'eau
Ministère de l'Environnement du Québec
1279, boulevard Charest ouest, 6e étage
Québec (Québec)
G1N 4K7

[2]Direction générale des eaux intérieures
région de Québec
Centre Saint-Laurent
Protection et Conservation
Environnement Canada
1141, route de l'Église, 8e étage
Sainte-Foy (Québec)
G1V 3W5

LES EFFETS DES PRÉCIPITATIONS ACIDES SUR LA PHYSICO-CHIMIE DES EAUX DE SURFACE DU QUÉBEC

Jacques Dupont et Madeleine Papineau

La problématique des précipitations acides a vu le jour vers la fin des années 1970 au Québec. Cette prise de conscience découle en partie du fait que le territoire québécois constitue l'une des régions de l'hémisphère nord les plus vulnérables à l'acidification. Plus de 80 % du territoire est considéré très sensible à l'acidification (voir Shilts *et al.*, 1981 et Li, 1985). Ceci, conjugué au fait qu'il existe près de 900 000 plans d'eau au Québec, implique que les ressources aquatiques sont très vulnérables à l'acidification. De surcroît, les dépôts acides sont très importants. Une grande partie du Québec reçoit des précipitations 25 fois plus acides (pH = 4,2) que la normale (pH = 5,6) et les dépôts humides de sulfates excèdent le critère recommandé de 20 kg/ha/an dans tout le sud-ouest du Québec. Ce critère vise à assurer la protection des écosystèmes modérément sensibles.

HISTORIQUE DES ÉTUDES SUR L'EFFET DES PRÉCIPITATIONS ACIDES

De nombreuses études ont été effectuées en Norvège et en Suède durant les années 1960 et 1970. Ces études ont montré que les régions fortement sensibles et exposées aux dépôts acides recelaient une forte densité de lacs acides et qu'un lien semblait exister entre cette acidité et les dommages observés sur les populations de poissons.

Au Québec, plusieurs études ont été menées entre 1980 et 1986 sur la détermination des zones sensibles et sur la relation existant entre la qualité des précipitations et celle des eaux de surface (Grimard, 1981; Bobée *et al.* 1982, 1983; Langlois *et al.* 1985; Dupont 1984a, 1984b, 1985a, 1985b, 1986; Dupont et Grimard, 1986; Walsh et Vigneault, 1986; Brouard et Lachance, 1986; Lachance *et al.* 1985, 1987; Walsh *et al.* 1987). Les résultats découlant de l'ensemble de ces études ont montré que les régions du Témiscamingue et des Laurentides étaient particulièrement sensibles et recelaient une proportion importante de lacs acides (pH ≤ 5,5) ou extrêmement sensibles (alcalinité ≤ 40 µeq/L). Les résultats ont également montré que ces lacs acides étaient presque toujours situés dans des secteurs où la géologie est caractérisée par des roches chimiquement peu altérables, comme les granites et les gneiss, ainsi que dans des secteurs recevant de forts dépôts humides de sulfates. Ils ont aussi montré que les concentrations moyennes annuelles de sulfates dans les précipitations décroissaient du sud-ouest vers le nord-est, tout comme les concentrations de sulfates en lac. D'ailleurs, certaines études ont démontré qu'il existait une relation hautement significative

entre les concentrations de sulfates en lac et les concentrations observées dans les précipitations (Voir Dupont et Grimard, 1986).

Plus récemment, Dupont et Grimard (1986, 1989) ont démontré l'existence d'une relation significative entre l'acidité des eaux de surface et les concentrations atmosphériques de sulfates pour des niveaux fixes de couleur et de concentrations en calcium et magnésium. Une telle relation a également été identifiée ailleurs au Canada et dans le monde (Gorham *et al.*, 1986; Neary et Dillon, 1988).

D'autres études ont eu trait à la fonte nivale, aux effets du chaulage et à l'impact des précipitations acides en rivière ou en bassin calibré. Les études sur la fonte nivale (Brouard *et al.* 1983; Jones *et al.* 1987) ont montré que les polluants acides accumulés tout au long de l'hiver dans le couvert nival étaient presqu'entièrement lessivés aux cours d'eau et aux lacs dans les premiers stades de la fonte, induisant ainsi un choc acide pouvant atteindre 100 fois (pH=4) le niveau d'acidité observé en été (pH≥6).

Au niveau du chaulage (Houde *et al.*, 1989), les études expérimentales ont démontré que cette technique permettait de contrecarrer l'acidification des eaux de surface par l'addition de substances carbonatées. Suite à cette opération, les réensemencements de poissons ont permis de maintenir des populations viables de poissons durant la durée efficace du chaulage qui est estimée à environ trois fois le temps de renouvellement des eaux. Cette technique possède toutefois des inconvénients. L'opération doit être refaite périodiquement selon le temps de renouvellement des eaux; le lac doit être accessible pour les camions transportant la calcite; les eaux de surface doivent présenter une faible concentration d'acides organiques; le coût peut être élevé et; le temps de renouvellement des eaux doit préférablement être supérieur à 6 mois, sinon un chaulage en continu est requis. Cette technique représente en fait un cataplasme temporaire qui ne peut être envisagée pour rehausser le pH de tous les lacs acides du Québec. Une intervention à la source, soit la réduction des émissions de SO_2, représente la solution à long terme pour remédier à l'acidification des eaux de surface.

VARIATIONS SPATIALES ET TEMPORELLES DE L'ACIDITÉ AU QUÉBEC

Pendant la réalisation des diverses études sur l'impact des précipitations acides sur les écosystèmes aquatiques, divers réseaux de surveillance ont été mis en place. Environnement Canada a initié un réseau statistique de surveillance de l'évolution des tendances à long terme de la qualité des eaux lacustres en 1983 (Haemmerli, 1987; Bouchard et Haemmerli, 1990, 1991). Le réseau TADPA (transport à distance des polluants aéroportés) a été conçu pour détecter les tendances de variables tel que le pH, l'alcalinité, les sulfates et les cations majeurs. Ce réseau est constitué de stations à caractère temporel (16 sites échantillonnés aux

deux mois) et de stations à caractère spatial (48 sites échantillonnés aux six mois). Les premières sont utilisées pour l'étude des tendances temporelles alors que les deuxièmes visent à mesurer l'évolution de l'étendue des effets de l'acidification au sud du Québec (Figure 1).

Le lac Laflamme représente un site additionnel où l'évolution temporelle de la qualité des eaux de surface est étudiée à une fréquence plus élevée. Ce lac fait partie d'un réseau fédéral de bassins calibrés où sont étudiés en détail les mécanismes chimiques et physiques à l'oeuvre au niveau de l'acidification des eaux de surface (Papineau, 1989; Couture, 1991; Papineau et Haemmerli, 1991). Depuis 1981, on a pu assisté à une hausse des sulfates et de la couleur dans ce lac, alors que les nitrates, le calcium et l'alcalinité ont présenté une baisse significative.

Au plan spatial, le ministère de l'Environnement du Québec opère le réseau spatial de surveillance de l'acidité des lacs du Québec (RESSALQ) depuis 1986. Ce réseau est constitué d'un volet physico-chimique et d'un volet biologique. Le volet physico-chimique a permis d'échantillonner 1 253 lacs répartis aléatoirement dans cinq régions hydrographiques (Dupont, 1991a, 1991b). Ce réseau à caractère statistique a été mis au point pour quantifier l'état de la qualité des eaux de surface d'un ensemble de lacs et de l'extrapoler statistiquement à l'ensemble des lacs du territoire.

Des 31 808 lacs cibles possédant une superficie de 10 à 2000 hectares, 19,3 % (6 151) sont acides (pH≤5,5) et 52,0 % (16 525) présentent un pH inférieur ou égal à 6,0. Étendu à l'ensemble des 159 842 lacs recensés au sud du 51° parallèle nord, ces proportions impliquent des estimés minimaux de plus de 29 000 lacs acides et plus de 81 000 lacs à pH inférieur ou égal à 6,0. Des études récentes (RMCC, 1990) montrent que des dommages biologiques commencent à être observés sous un pH de 6,0 et deviennent très importants sous un pH de 5,5.

À la figure 2, nous présentons la répartition spatiale du pH des eaux de surface du Québec méridional. Selon cette figure, les zones les plus sombres contiennent 60 % de lacs acides et plus de 90 % de lacs à pH≤6. Ces zones se retrouvent principalement dans les régions du Témiscamingue, de l'Abitibi, des Laurentides et de la Côte-Nord. Ces zones à forte densité de lacs acides correspondent généralement à des secteurs de faible alcalinité et de faible minéralisation.

Selon la Figure 3, les concentrations de sulfates en lac sont maximales dans le sud-ouest du Québec et autour de Noranda (> 10 mg/L) et décroissent graduellement vers le nord-est pour atteindre moins de 2 mg/L. Ce patron de variabilité est similaire à celui des concentrations moyennes annuelles de sulfates dans les précipitations. En tenant compte des concentrations relatives d'anions dans les lacs, il a été possible de déterminer la dominance anionique de ceux-ci.

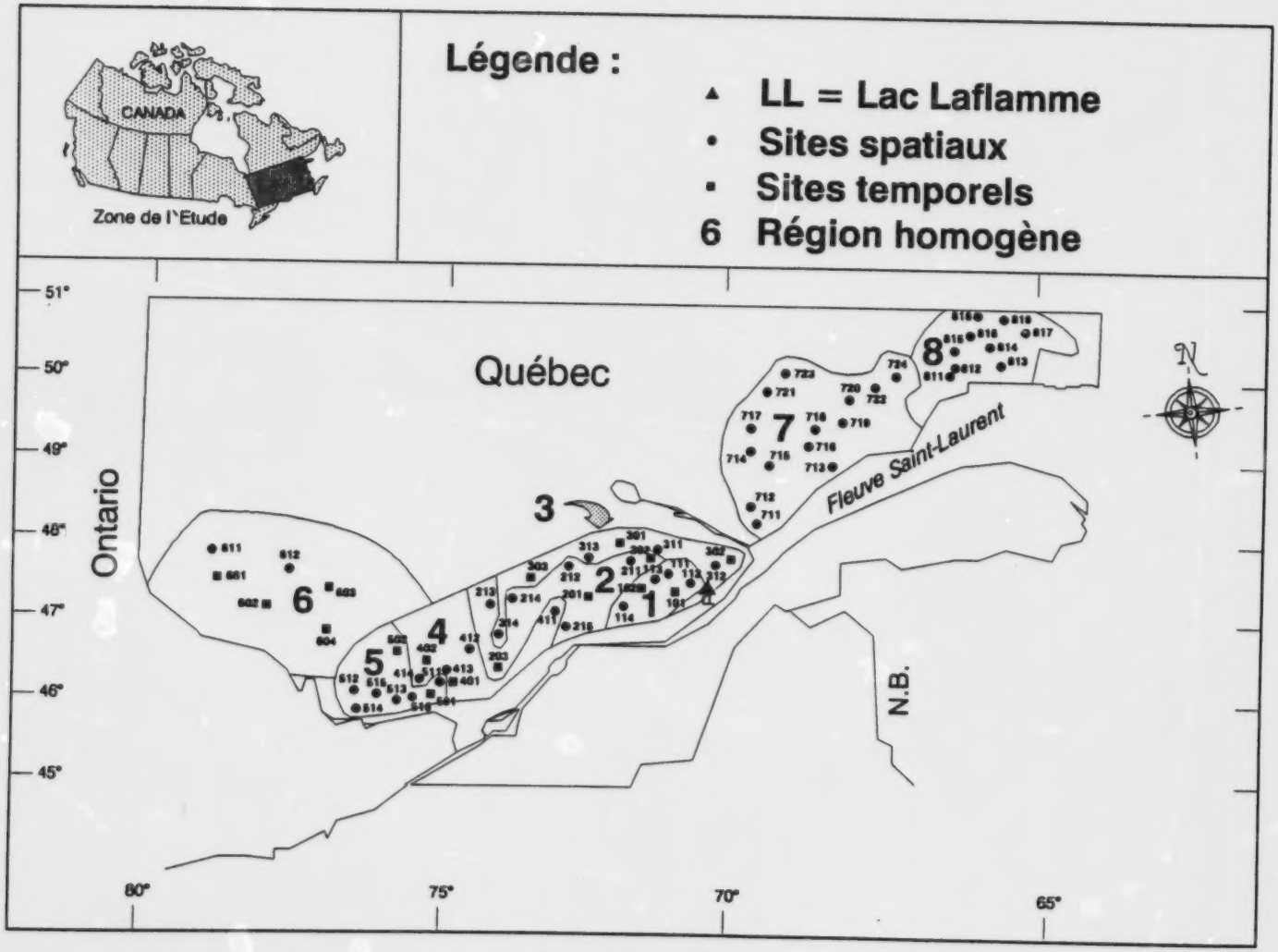


Figure 1 : Carte de localisation des lacs du réseau TADPA-Québec en 1990.

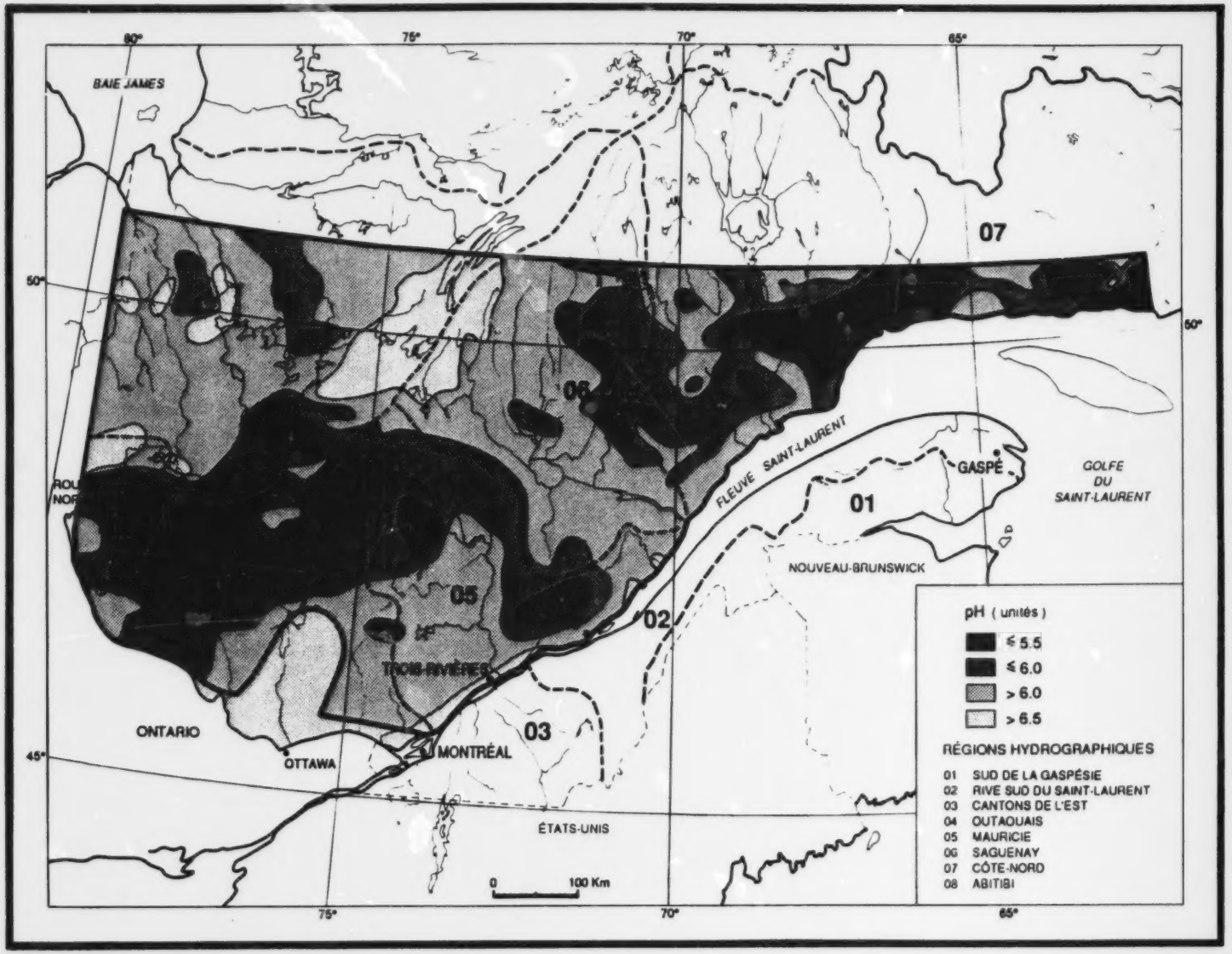


Figure 2: VARIABILITÉ SPATIALE DU pH DANS LES LACS DU BOUCLIER CANADIEN.

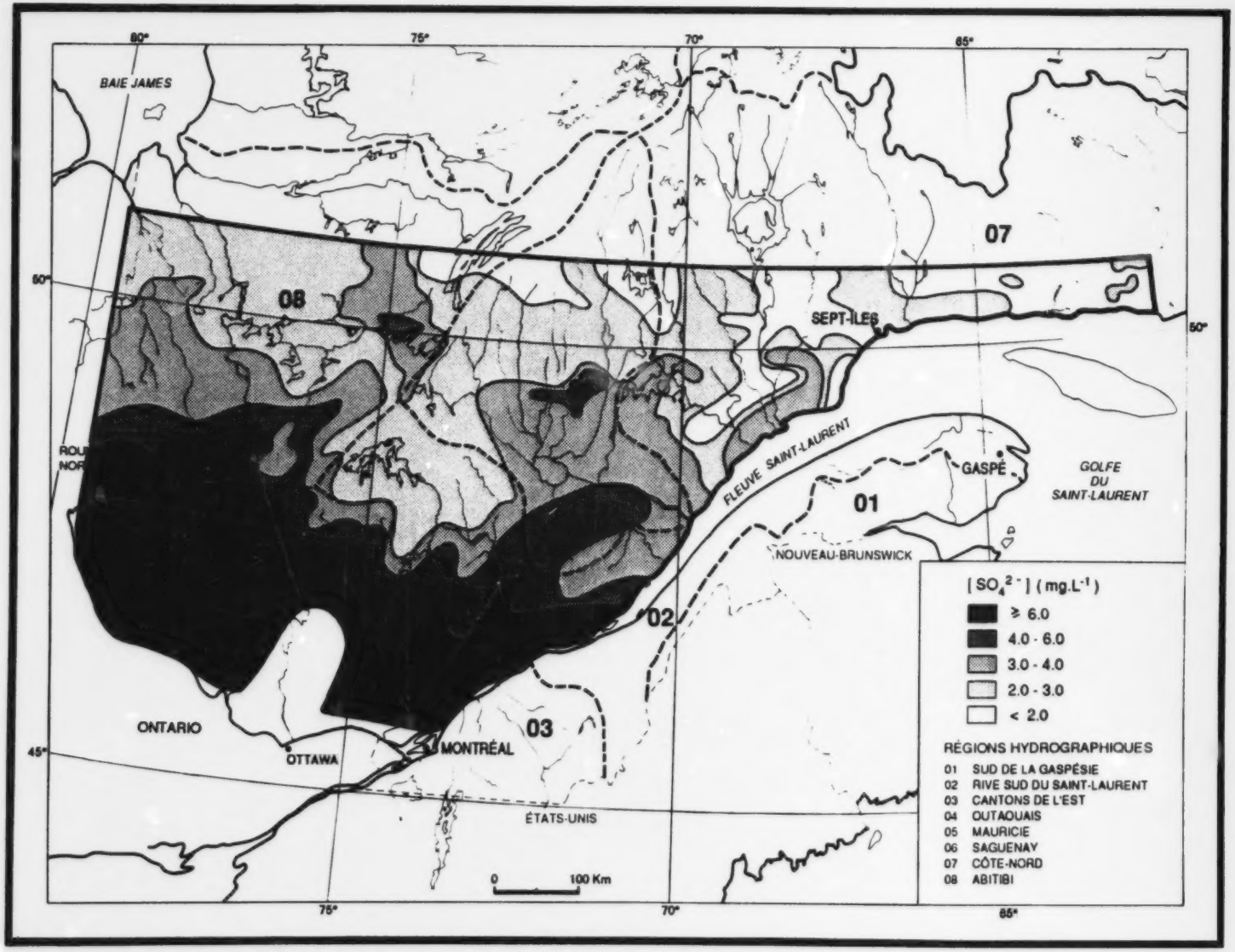


Figure 3: VARIABILITÉ SPATIALE DES SULFATES DANS LES LACS DU BOUCLIER CANADIEN.

La figure 4 présente cette dominance. Selon cette figure, les lacs du sud-ouest québécois (Outaouais, Abitibi et Mauricie) sont dominés par les sulfates, alors que ceux du nord-est (Côte-Nord) sont surtout dominés par les anions organiques. Cette carte nous donne en fait un indice sur l'origine de l'acidité des lacs. L'acidité des lacs du sud-ouest est principalement attribuable à l'action des acides inorganiques (acide sulfurique) qui sont en grande partie d'origine anthropique, alors que l'acidité des lacs du nord-est est principalement liée aux acides organiques d'origine naturelle.

Aucun des réseaux de mesures ci-dessus ne permet d'évaluer directement le degré d'acidification qu'ont subi les lacs dans le passé. Nous devons nous en remettre à deux méthodes pour estimer cette acidification. Les modèles de prévision représentent l'une de ces méthodes. Par exemple, le modèle de gestion SIGMA/SLAM nous a permis d'évaluer le degré d'acidification anthropique qui correspond à une baisse moyenne de 0,59 à 0,75 unité de pH pour les lacs du sud-ouest québécois, comparativement à 0,14 unité pour les lacs de la Côte-Nord. Le recours à la paléolimnologie représente l'autre solution. L'étude des assemblages de diatomées et de chrysophycées fossiles dans les sédiments de lacs nous permettent de reconstituer l'histoire récente de l'acidification qui est survenue dans les plans d'eau. Plusieurs de ces études ont été réalisées au Québec (Carignan, 1989: Témiscamingue et Mauricie; Dixit *et al.*, 1987 et Rybak et Rybak, 1990: lacs du réseau TADPA) et ont démontré que plusieurs lacs actuellement acides ont vu leur pH décroître de 0,2 à 0,6 unité au cours des 30 à 60 dernières années.

En plus du bref résumé des études citées plus haut, d'autres organismes gouvernementaux ou universitaires poursuivent actuellement des études dans ce domaine. Par exemple, Pêches et Océans Canada, l'Université de Montréal, l'Université McGill, l'Université Laval, le Collège McDonald, l'INRS-Eau, l'Université du Québec à Montréal, à Trois-Rivières et à Chicoutimi poursuivent tous divers projets reliés aux impacts des précipitations acides sur le milieu aquatique.

CONTRÔLE DES ÉMISSIONS DE POLLUANTS AÉROPORTÉS ET RÉVERSIBILITÉ DE L'ACIDIFICATION D'ORIGINE ANTHROPIQUE

Depuis quelques années, le Canada et les provinces de l'est ont convenu de réduire de 50 % leurs émissions de SO_2 pour 1994. Les objectifs de réduction pour le Québec et l'Ontario sont de 54 et 60 % respectivement, contribuant ainsi majoritairement à l'atteinte de l'objectif de 50 % de réduction pour l'est du Canada. L'usine Mines Noranda Ltée, qui émettait à elle seule plus de la moitié des émissions de SO_2 au Québec réduira près de 70 % de ses émissions d'ici 1995. Aux États-Unis, l'arrivée du Gouvernement Bush en 1988 a permis la mise en place des amendements au Clean Air Act qui prévoit des réductions de 10 millions de tonnes courtes de SO_2 et deux millions de tonnes courtes de NO_x d'ici 2003. Cette

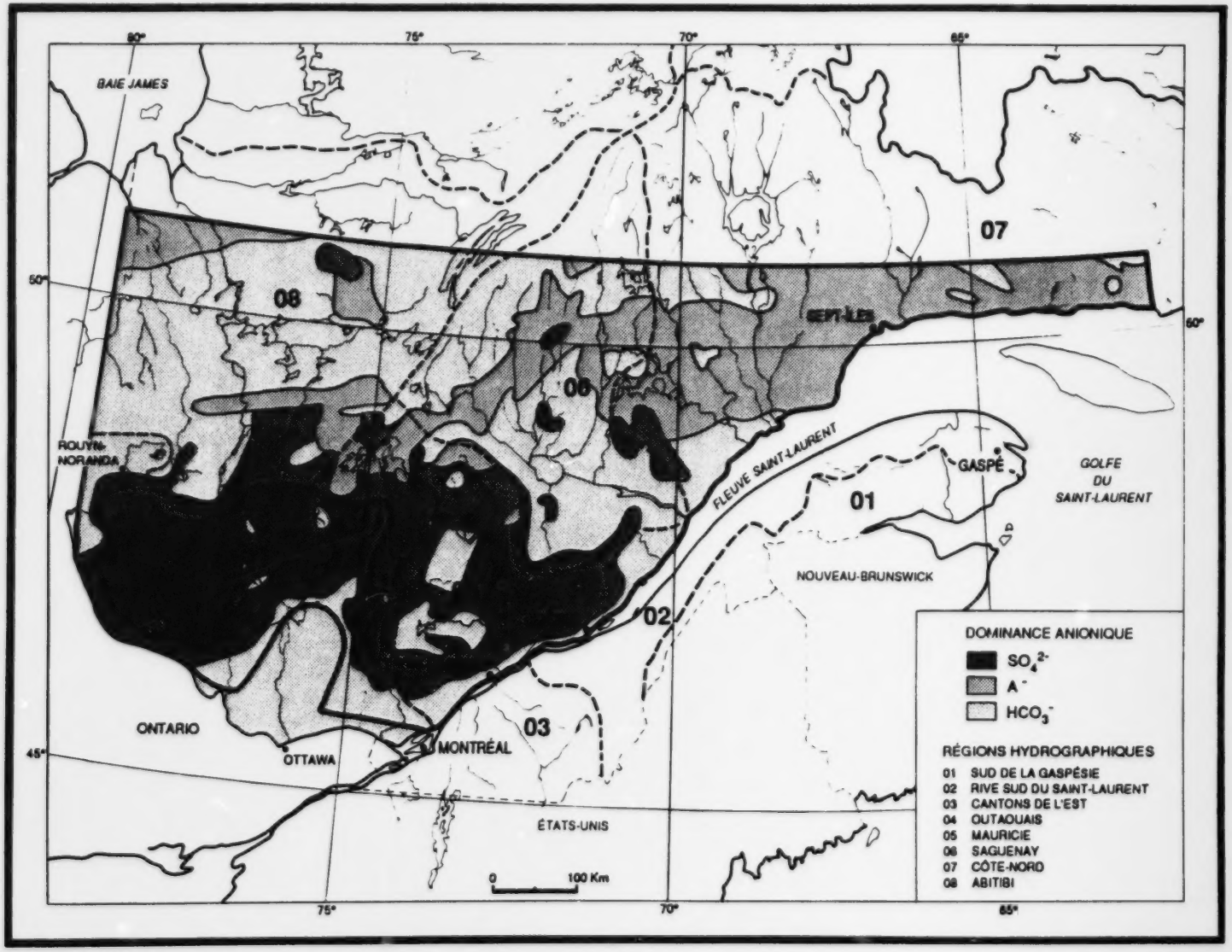


Figure 4: DOMINANCE ANIONIQUE DANS LES LACS DU BOUCLIER CANADIEN.

réduction se fera en deux étapes (moitié des réductions d'ici 1995 et l'autre moitié d'ici 2003). L'ensemble des réductions d'émission de SO_2 d'origine américaine représentera une baisse de 40 % par rapport aux émissions produites en 1980.

Quel sera l'impact de l'ensemble des réductions américaines et canadiennes sur l'acidité de nos lacs? Ces réductions vont probablement permettre de diminuer l'acidité de la plupart des plans d'eau et par le fait même, améliorer les conditions de vie aquatique. À ce jour, la majorité des études ont montré qu'une réduction des apports acides permet une récupération du lac au plan physico-chimique (Dillon *et al.*, 1988; Wright *et al.*, 1988). Par exemple, la réduction des émissions de SO_2 à Sudbury a permis d'observer une hausse du pH et de l'alcalinité, ainsi qu'une baisse des concentrations de sulfates et d'aluminium dans les lacs environnants. Cette amélioration n'est survenue que quelques mois après les réductions d'émissions. Bien qu'une amélioration rapide puisse prendre place, il est probable qu'une récupération physico-chimique complète puisse prendre de 50 à 100 ans (RMCC, 1990).

Selon les modèles de prévision mathématique (Dupont et Grimard, 1989; RMCC, 1990), les réductions d'émissions devraient permettre une diminution des dépôts humides de sulfates en deçà du seuil de 20 kg/ha/an requis pour la protection des écosystèmes modérément sensibles et ce, à peu près partout au Québec. Même si les dépôts humides de SO_4 ne devraient pas dépasser 10 à 15 kg/ha/an afin de récupérer les lacs plus sensibles, les réductions prévues vont permettre de réduire substantiellement le nombre et la proportion de lacs acides et ainsi d'améliorer les conditions de survie pour les organismes aquatiques.

Déjà au Québec, les réductions d'émission de SO_2 semblent avoir eu certains effets positifs. Selon les données du réseau d'échantillonnage des précipitations du Québec, les dépôts humides de sulfates sont maintenant moins élevés qu'en 1982 dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue. Ces plus faibles dépôts de sulfates pourraient être le résultat des réductions d'émission de SO_2 qui ont été faites jusqu'à maintenant au Québec et en Ontario. Par exemple, l'isocourbe de 20 kg/ha/an de sulfates s'est maintenant déplacée vers le sud. Par ailleurs, le réseau TADPA d'Environnement Canada a permis d'observer une baisse significative des concentrations de sulfates dans plusieurs lacs de l'ouest du Québec où les dépôts humides de sulfates ont baissé depuis 1983. Le rééchantillonnage de 64 lacs dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue en 1991 confirme ce pronostic. Les concentrations de sulfates dans les 64 lacs entourant Rouyn-Noranda ont diminué de 10 à 40 % depuis 1982; les réductions les plus marquées étant observées dans les lacs les plus proches de cette ville. Selon les résultats du réseau TADPA, la baisse des sulfates s'est répercutée par une augmentation de l'alcalinité dans certains lacs, bien que le pH soit resté stable et ait parfois même baissé dans quelques uns de ces plans d'eau. Par contre, à l'est de l'Outaouais, la

décroissance des sulfates a été beaucoup moins marquée, certains lacs n'affichant aucune tendance à la baisse. En général, la dégradation des conditions chimiques s'est poursuivie dans plusieurs lacs, alors qu'elles sont restées stables pour la plupart des autres plans d'eau.

Les améliorations de la qualité du milieu aquatique ont surtout été observées dans l'ouest du Québec où la qualité des précipitations s'est améliorée. Il faudra attendre l'ensemble des réductions canadiennes et américaines pour observer des améliorations similaires dans la partie méridionale du Bouclier canadien. Selon les prévisions du Service de l'environnement atmosphérique, le sud-ouest bénéficiera nettement plus de ces réductions, tandis que la Côte-Nord ne verra que peu d'amélioration au niveau de la qualité de ses eaux de surface et de ses dépôts (RMCC, 1990).

RÉFÉRENCES

BOBÉE, B., M. LACHANCE, J. HAEMMERLI, A. TESSIER, J.Y. CHARETTE, et J. KRAMER. 1983. *Évaluation de la sensibilité à l'acidification des lacs du sud du Québec et incidences sur le réseau d'acquisition de données*, rapport scientifique N° 157 pour Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, 198 pages.

BOBÉE, B., Y. GRIMARD, M. LACHANCE, et A. TESSIER. 1982. *Nature et étendue de l'acidification des lacs du Québec*, ministère de l'Environnement du Québec, rapport N° PA-1, 210 pages.

BOUCHARD, A., et J. HAEMMERLI. 1991. "Trend detection in water quality time series of LRTAP-Québec network lakes", soumis à *Water, Air and Soil Pollution*.

BOUCHARD, A., et J. HAEMMERLI. 1990. *Étude des tendances dans les séries chronologiques de la qualité de l'eau des lacs du réseau TADPA-Québec*, Environnement Canada, Conservation et Protection, Centre Saint-Laurent, Direction des eaux intérieures, 86 pages.

BROUARD, D. et M. LACHANCE. 1986. *Effets des précipitations acides sur un sous-bassin versant de la rivière des Escoumins: réponse hydrochimique et biologique*, Rapport Technique Canadien des Sciences Halieutiques et Aquatiques N° 1459, 87 pages.

BROUARD, D., M. LACHANCE, et C. LANGLOIS. 1983. *Qualité physico-chimique printanière des eaux de surface et des précipitations dans le secteur amont de la rivière des Escoumins*, Pèches et Océans Canada, Rapport Technique Canadien des Sciences Halieutiques et Aquatiques N° 1228, 39 pages.

CARIGNAN, R. 1989. *Géochimie et géochronologie sédimentaire récente de huit lacs du Témiscamingue*, INRS-Eau pour le ministère de l'Environnement du Québec, rapport PA-36, 152 pages.

COUTURE, S. 1991. *Les études sur le bilan ionique du lac Laflamme: 1987-1990*, Environnement Canada, Conservation et Protection, Centre Saint-Laurent, 46 pages + 5 annexes.

DILLON, P.J., R.A. REID, et E. DeGROSBOIS. 1988. "The rate of acidification of aquatic ecosystems in Ontario, Canada", dans *Nature* **329**: 45-48.

DIXIT, S.S., A.S. DIXIT, et R.D. EVANS. 1987. *Paleolimnological study of LRTAP network lakes, Québec region*, Trent University for Environment Canada, Inland Waters and Lands Directorate, Québec region, 199 pages.

DUPONT, J. 1991a. "Québec Lake Survey: 1. Statistical assessment of lake water acidity", à paraître dans *Water Air Soil Pollut.* **56**: 30 pages.

DUPONT, J. 1991b. "Québec Lake Survey: 2. Origin and extent of acidification", à paraître dans *Water Air Soil Pollut.* **56**: 21 pages.

DUPONT, J. 1986. *Évolution spatiale et temporelle de l'acidité de 14 lacs de la région de Portneuf pour la période 1982-1983*, ministère de l'Environnement du Québec, Direction des relevés aquatiques, rapport N° PA-21.

DUPONT, J. 1985a. *Étude de la variabilité spatiale de la physico-chimie des lacs de la région de l'Outaouais en relation avec les précipitations acides*, ministère de l'Environnement du Québec, Service de la qualité des eaux, rapport N° PA-17, 112 pages.

DUPONT, J. 1985b. *Étude de la physico-chimie de 22 lacs du Parc de la Vérendrye en rapport avec les processus d'acidification des eaux lacustres*, ministère de l'Environnement du Québec, Service de la qualité des eaux, rapport N° PA-13, 74 pages.

DUPONT, J. 1984a. *Nature et étendue de l'acidification de 97 lacs de la région de Portneuf*, ministère de l'Environnement du Québec, Service de la qualité des eaux, rapport N° PA-10, 113 pages.

DUPONT, J. 1984b. *Nature et étendue de l'acidification de 64 lacs de la région de Rouyn-Noranda*, ministère de l'Environnement du Québec, Service de la qualité des eaux, rapport N° PA-9, 152 pages.

DUPONT, J., et Y. GRIMARD. 1989. "A simple dose-effect model of lake acidity in Québec (Canada)", dans *Water Air Soil Pollut.* **44**: 259-272.

DUPONT, J., et Y. GRIMARD. 1986. "Systematic study of lake water acidity in Québec", dans *Water Air Soil Pollut.* **31**: 223-230.

GORHAM, E., J.K. UNDERWOOD, F.B. MARTIN, et J.G. OGDEN III. 1986. "Natural and anthropogenic causes of lake acidification in Nova Scotia", dans *Nature* **324**: 451-453.

GRIMARD, Y. 1981. *Contribution à l'étude de la qualité des eaux lacustres québécoises face à l'acidification des précipitations*, ministère de l'Environnement du Québec, Service de la qualité des eaux, rapport interne N° 81-6, 38 pages.

HAEMMERLI, J. 1987. "Évolution temporelle de la qualité des eaux des lacs du réseau TADPA-Québec", dans *Le Naturaliste Canadien* **114**: 247-259.

HOUDE, L., M. LEMIEUX, et J. DUPONT. 1989. *Le chaulage au Québec: problématique et suivi temporel de ses effets sur huit lacs de la région de la Mauricie*, ministère de l'Environnement du Québec et ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, rapport N° PA-32, 137 pages.

JONES, H.G., J.Y. CHARETTE, M. LECLERC, A. NANTEL, J. ROBERGE, et P. BOUDREAULT. 1987. *Acidification épisodique des eaux du lac Laflamme: synthèse des données physico-chimiques et hydrologiques des fontes printanières 1983-1985*, INRS-Eau, rapport scientifique N° 246, 36 pages.

LACHANCE, M., D. BROUARD, et G. WALSH. 1987. *Importance du transport atmosphérique du soufre dans la composition chimique des rivières de la Côte-Nord du Saint-Laurent (Québec)*, INRS-Eau pour Pêches et Océans Canada, rapport scientifique N° 231, 23 pages.

LACHANCE, M., B. BOBÉE, et Y. GRIMARD. 1985. "Sensitivity of southern Québec lakes to acidic precipitation", dans *Water, Air and Soil Pollution* **25**: 115-132.

LANGLOIS, C., A. LEMAY, J. OUZILLEAU, et Y. VIGNEAULT. 1985. *Qualité physico-chimique de 251 lacs du bouclier canadien (Québec)*, ministère des Pêches et des Océans Canada, Direction de la recherche sur les pêches, Rapport Technique Canadien des Sciences Halieutiques et Aquatiques N° 1792, 63 pages.

LI, L.K. 1985. *Évaluation de la sensibilité aux précipitations acides*, Environnement Canada, Direction générale des terres, Série de la classification écologique N° 20, pp. 87-95.

NEARY, B.P., et P.J. DILLON. 1988. "Effects of sulphur deposition on lake-water chemistry in Ontario, Canada", dans *Nature* **333**: 340-343.

PAPINEAU, M., et J. HAEMMERLI. 1991. "Changes in water quality in the Laflamme lake watershed area, Canada", à paraître dans *Water, Air Soil Pollution* **56**.

PAPINEAU, M. 1989. *Bilans ioniques et changements dans la qualité de l'eau au bassin calibré du lac Laflamme de 1981 à 1988*, Environnement Canada, Direction des eaux intérieures, Conservation et Protection, Région de Québec, 156 pages.

RMCC. 1990. *Évaluation de l'état des connaissances actuelles sur le transport à distance des polluants atmosphériques et les dépôts acides- Partie 4: Effets sur les milieux aquatiques*, Comité fédéral-provincial de coordination de la recherche et de la surveillance, sous-groupe chargé des effets sur les milieux aquatiques.

RYBAK, M., et I. RYBAK. 1990. *Paleolimnological record of atmospheric deposition in Eastern Canada and its impact on lake ecosystem primary production*, ARECO Canada Inc. for Department of Fisheries and Oceans and Environment Canada, 154 pages.

SHILTS, W.W., K.D. CARD, W.H. POOLE, et B.V. SANDFORD. 1981. *Sensibilité de la roche en place aux précipitations acides: modifications dues aux phénomènes glaciaires*, Commission Géologique du Canada, Étude N° 81-14.

WALSH, G., G. VERREAULT, et Y. VIGNEAULT. 1987. "Acidification minérale et organique des rivières de la Côte-Nord (Golfe du Saint-Laurent)", dans *Le Naturaliste Canadien* **114**: 269-282.

WALSH, G., et Y. VIGNEAULT. 1986. *Analyse de la qualité de l'eau des rivières de la Côte-Nord du Golfe Saint-Laurent en relation avec les processus d'acidification*, Pêches et Océans Canada, Rapport Technique Canadien des Sciences Halieutiques et Aquatiques N° 1540, 118 pages.

WRIGHT, R.F., E. LOTSE, et A. SEMB. 1988. "Reversibility of acidification shown by whole-catchment experiments", dans *Nature* **334**: 670-675.

ACIDIFICATION DU MILIEU AQUATIQUE: SYNTHÈSE DES EFFETS SUR LES RESSOURCES BIOLOGIQUES DU QUÉBEC

par

Serge Tremblay, biologiste M.Sc.

Direction de la qualité des cours d'eau
Ministère de l'Environnement du Québec
1279, boul. Charest ouest, 6e étage

Québec, Canada

4 novembre 1991

ACIDIFICATION DU MILIEU AQUATIQUE: SYNTHESE DES EFFETS SUR LES RESSOURCES BIOLOGIQUES DU QUÉBEC

Serge Tremblay, Biologiste M.Sc.

Au Québec, la problématique des précipitations acides a pris naissance à la fin des années 1970. La grande vulnérabilité à l'acidification de près de 80 % du territoire québécois (Shilts et al., 1981) et des dépôts humides de sulfates excédant la limite de 20 kg/ha/année pour la protection des écosystèmes modérément sensibles (États-Unis - Canada, 1983), laissaient supposer que la faune et la flore aquatique de certaines régions du Québec pouvaient être touchées par cette forme de pollution. Plusieurs études ont donc été réalisées afin d'évaluer le niveau de dommages aux organismes biologiques par les précipitations acides. Dans le cadre de cette synthèse, seuls les résultats des études traitant de la flore et de la faune aquatique réalisées dans les lacs et rivières du Québec seront présentés.

1. HISTORIQUE DES ÉTUDES BIOLOGIQUES SUR L'EFFET DES PRÉCIPITATIONS ACIDES EN TERRITOIRE QUÉBÉCOIS

Les premières recherches sur les précipitations acides et les organismes vivants ont été amorcées, en 1980, par le ministère de l'Environnement du Québec (MENVIQ) et par le ministère des Pêches et des Océans du Canada (MPO).

De 1980 à 1986, le MENVIQ a réalisé plusieurs études sectorielles visant à vérifier l'impact de l'acididité sur la pêche sportive à l'omble de fontaine de la réserve faunique des Laurentides (Salvelinus fontinalis) (Richard, 1982), sur la diversité des plantes aquatiques et du zoobenthos (Richard, 1986a; 1988), sur la structure des populations allopatriques d'omble de fontaine (i.e. une seule espèce par lac) de la région de Portneuf (Richard, 1985) et de Charlevoix (Richard, 1986b). Frenette (1986) a étudié l'effet de l'acidité sur les communautés multispécifiques de poissons de 17 lacs du Témiscamingue. À la lumière des résultats de ces nombreuses études, un réseau d'échantillonnage ichtyologique d'envergure provinciale a été lancé en 1986 afin d'évaluer de façon systématique l'effet des précipitations acides sur la faune piscicole vivant au sud du 51^{e} parallèle nord. Localisé sur le Bouclier canadien, le réseau du MENVIQ touche cinq grandes régions hydrographiques du Québec soit l'Outaouais, la Mauricie, le Saguenay--Lac Saint-Jean, la Côte-Nord et l'Abitibi (Figure 1).

Dans le cadre de son programme d'études des précipitations acides pour la province de Québec, les travaux du MPO ont été axés sur les populations phytoplanctoniques, zooplanctoniques, zoobenthiques et piscicoles de 1981 à 1985 (revue par DFO, 1987). Depuis 1987, Pêches et Océans Canada a mis sur pied un programme de surveillance biologique à deux volets constitué du suivi des organismes benthiques de quatre lacs du Parc National de la Mauricie (Figure 2) et de bio-essais

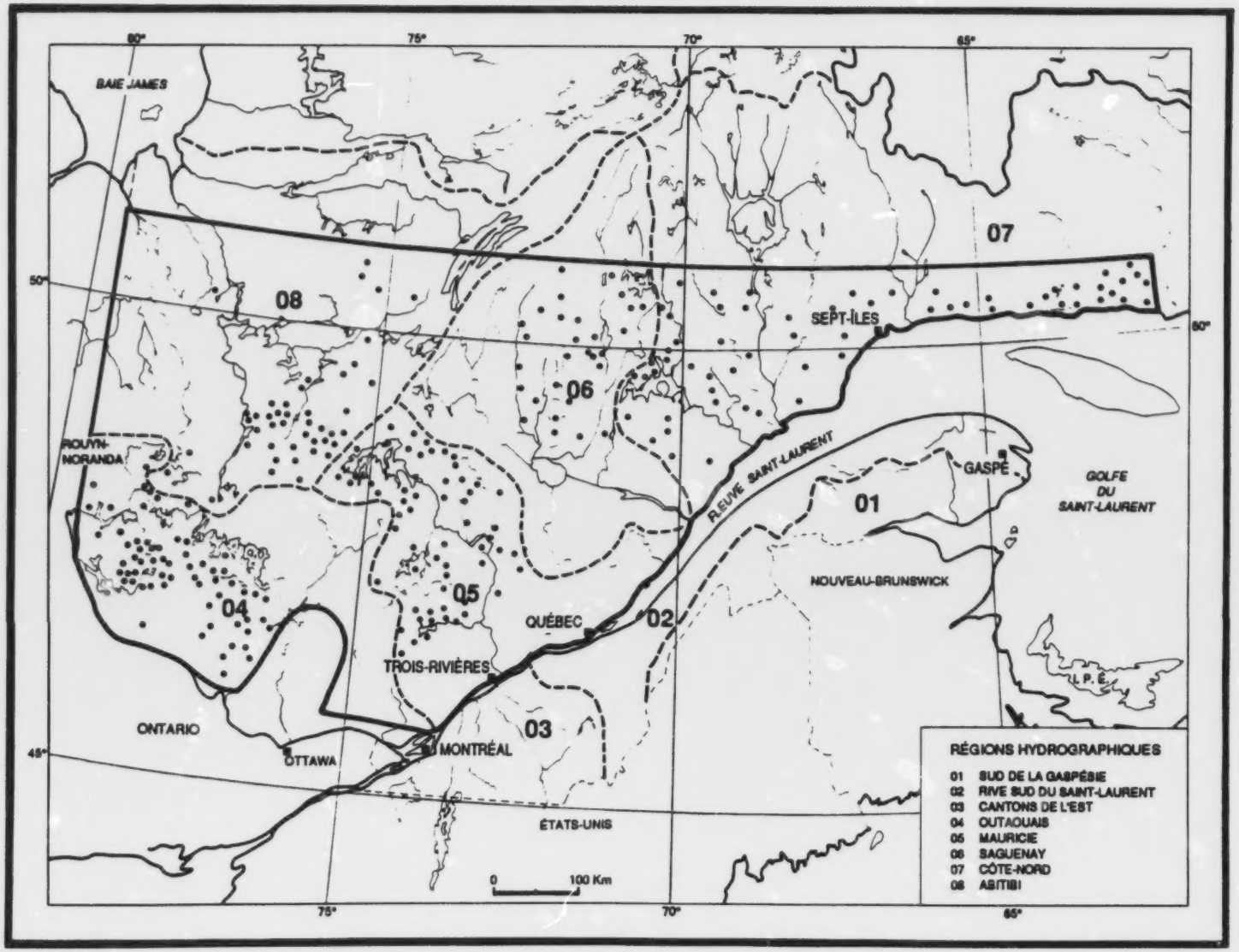


Figure 1. EMPLACEMENT DES 247 LACS ÉCHANTILLONNÉS POUR LEURS POPULATIONS DE POISSONS PAR LE MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC.

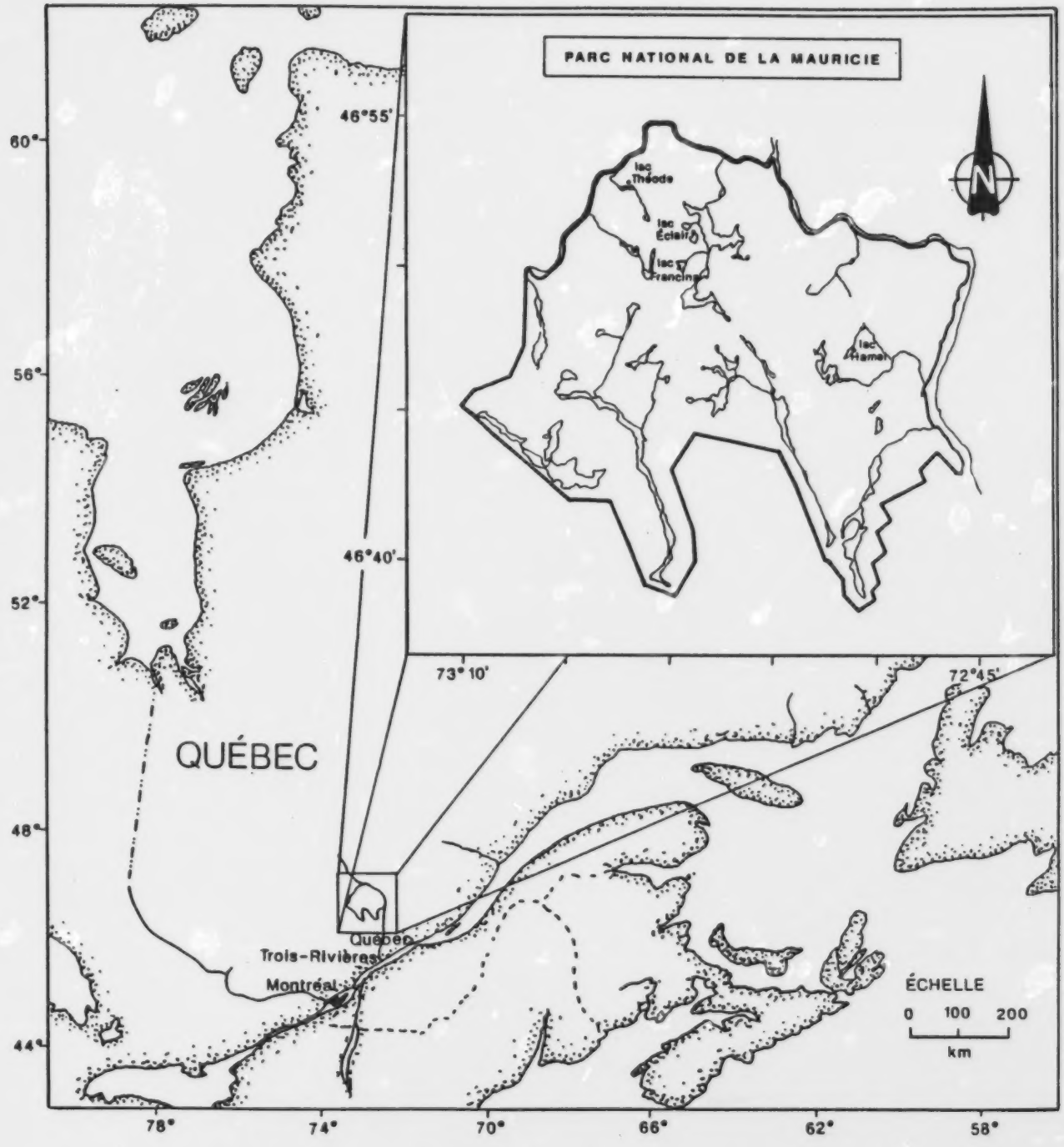


Figure 2. LOCALISATION DES LACS À L'ÉTUDE DANS LE CADRE DU PROGRAMME NATIONAL DE BIOMONITORING DU MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS.

effectués dans quatre rivières à saumons de la Côte-Nord (Figure 3) (A. Kemp; comm. pers., 1991). Ces bio-essais sont réalisés avec des tacons de saumon atlantique (Salmo salar). L'objectif de cette expérimentation vise à décrire le choc acide printanier et ses répercussions sur les tacons en période de smoltification. L'état de stress des poissons est évalué à partir d'indicateurs de stress tels l'hématocrite, les concentrations plasmatiques de sodium, de chlorure et de protéines. La concentration d'aluminium dans les branchies est aussi mesurée.

Le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec (MLCP) a réalisé quelques études locales concernant essentiellement l'analyse physico-chimique de lacs dont les populations de doré jaune (Stizostedion vitreum) et de touladi (Salvelinus namaycush) sont disparues dans les années 1970 (Blanchette et Girard, 1989; Girard et Jourdain, 1989).

Aux travaux des trois ministères précédents, il s'ajoute ceux des chercheurs universitaires. Ainsi, Moreau et al. (1984) et St-Pierre et Moreau (1986) ont réalisé des études sur la structure et la reproduction de populations d'omble de fontaine de six lacs de la réserve faunique des Laurentides. Moreau et al. (1984) ont déterminé le degré de contamination par les métaux lourds et d'altérations branchiales de ces populations d'omble de fontaine en présence de conditions acides. Pour leur part, Frenette et Dodson (1984) ont tenté de mettre en évidence le stress occasionné par l'acidité en décrivant la structure d'une population d'omble de fontaine vivant dans un lac acide. Aussi, les travaux de Chevalier et al. (1985) ont traité de l'histopathologie et de l'ultrastructure du tissu branchial chez l'omble de fontaine provenant de lacs acidifiés et non acidifiés du Bouclier canadien. Pinel-Alloul et Méthot (1985) ont également étudié l'effet des variables physico-chimiques sur la composition des communautés phytoplanctoniques de 54 lacs du Bouclier canadien.

EFFETS DE L'ACIDIFICATION SUR LES ORGANISMES AQUATIQUES DU QUÉBEC

FLORE AQUATIQUE

Plantes vasculaires

Les résultats d'un inventaire des plantes aquatiques, réalisé dans neuf lacs de la région de Québec, montrent une réduction du nombre d'espèces de plantes vasculaires avec l'augmentation de l'acidité (Figure 4) (Richard, 1986a). Seules trois espèces ont été observées sous un pH de 5,0, tandis que la diversité variait de sept à onze espèces dans les lacs ayant un pH supérieur à 6,7. Les lacs acides sont également caractérisés par la présence de tapis de mousses et de sphaignes qui peuvent couvrir de 80 à 100 % du fond de certains lacs. La sphaigne est connue pour sa capacité d'absorber les cations essentiels à la production biologique. Elle accroît par ce processus l'acidité du milieu. La présence de coussin de sphaigne peut entraîner la réduction des échanges ioniques entre les sédiments et l'eau contribuant également à la diminution du nombre d'espèces de plantes vasculaires. La surabondance de la sphaigne diminue la qualité de

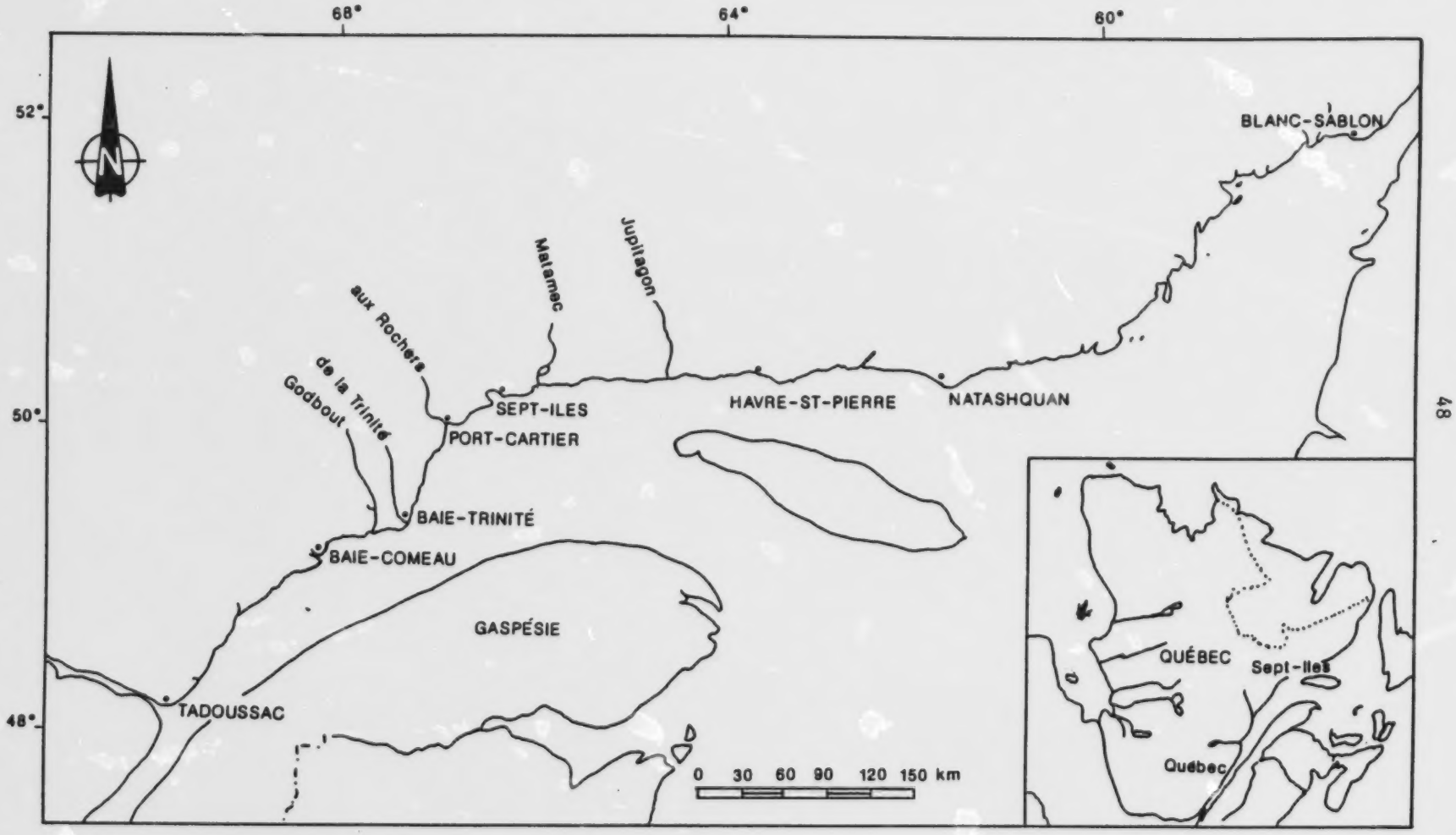


Figure 3. LOCALISATION DES RIVIÈRES À L'ÉTUDE DANS LE CADRE DU PROGRAMME NATIONAL DE BIOMONITORING DU MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS.

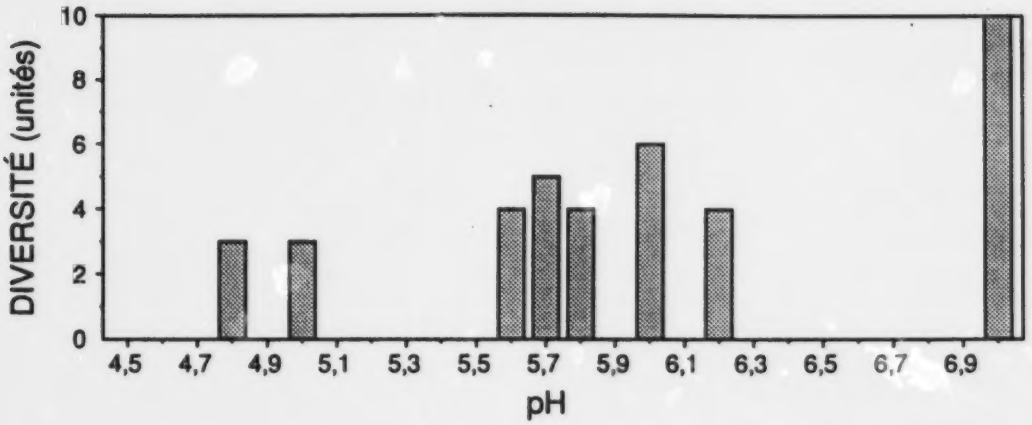


FIGURE 4 DIVERSITÉ DES PLANTES AQUATIQUES SELON LE pH DES LACS.

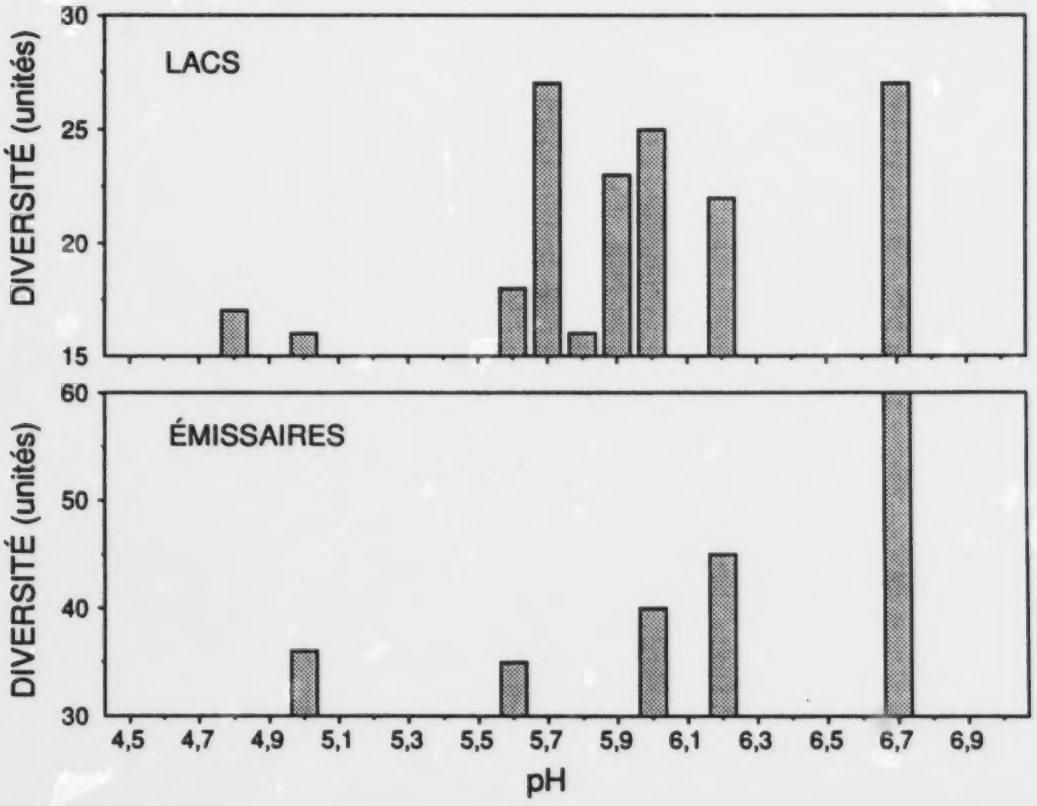


FIGURE 5 DIVERSITÉ DES INSECTES AQUATIQUES SELON LE pH DES LACS ET LEURS ÉMISSAIRES.

l'habitat piscicole par un encombrement excessif des aires de reproduction et peut nuire à la productivité des organismes benthiques, la sphaigne n'étant pas considérée comme un milieu approprié pour la colonisation du benthos.

Phytoplancton

L'inventaire de 176 lacs a permis à Langlois et al. (1983) d'observer une chute du nombre d'espèces phytoplanctoniques en présence d'une augmentation de l'acidité lacustre. Pour leur part, Pinel-Alloul et Méthot (1985) signalaient que lacs acides caractérisés par de fortes concentrations d'aluminium présentaient une diversité réduite d'espèces phytoplanctoniques.

FAUNE AQUATIQUE

Zooplancton

Langlois et al. (1983) ont noté que la diversité des communautés zooplanctoniques déclinait en fonction d'une augmentation de l'acidité. Par contre, les travaux de Pinel-Alloul et Méthot (1985) ainsi que Pope et al. (1985) n'ont pas permis de montrer un quelconque effet de l'acidité sur les communautés zooplanctoniques de lacs du Bouclier canadien.

Zoobenthos

Les résultats des échantillonnages de 1981-1982 réalisés par le MPO montraient une chute du nombre d'espèces et de la densité des organismes zoobenthiques en présence de conditions acides. Cependant, en raison du type d'échantillonnage utilisé, il se pourrait que ces baisses soient causées par des facteurs autres que l'acidité tels la distribution biogéographique et les effets limitatifs de certaines variables morphométriques et physico-chimiques (DFO, 1987).

Concernant le programme de surveillance des communautés benthiques mené par le MPO dans le Parc National de la Mauricie depuis 1987, l'interprétation des données récoltées n'est pas complétée (A. Kemp, comm. pers. 1991).

Pour évaluer l'effet de l'acidité sur les organismes benthiques, Richard (1988) a réalisé une étude comparative sur neuf lacs de la ZEC (Zone d'exploitation contrôlée) des Martres et cinq de leurs émissaires. L'analyse de la diversité démontre que l'acidité des eaux de surface entraîne une baisse du nombre d'espèces d'insectes aquatiques tant dans les lacs que dans les émissaires (Figure 5). Les éphémères, les trichoptères et les diptères sont très sensibles à l'acidité avec des baisses importantes du nombre d'espèces en milieu acide. Chez les organismes benthiques autres que les insectes, l'absence de pélécypodes (ex.: moule) et de gastéropodes (ex.: escargot) dans plusieurs milieux acides est l'indication que ces espèces seraient très sensibles à l'acidité. Dans les lacs acides, 16 à 17 genres (groupe d'espèces) ont été répertoriés dans les lacs ayant un

pH ≤ 5,0, tandis que 29 genres étaient présents dans les lacs moins acides (pH=6,7). Un patron similaire a été observé dans les émissaires. Richard (1988) concluait que toute mesure de réduction des substances acidifiantes devrait tendre à maintenir le pH des milieux aquatiques à un niveau supérieur à 6,0 si on voulait assurer la survie de la majorité des organismes benthiques.

Poissons

Les bio-essais du MPO effectués sur quatre rivières à saumon de la Côte-Nord indiquent que le choc acide nuit aux tacons (Figure 6). Cependant, il semble que le choc acide printanier soit de trop courte durée dans ces rivières ou ne soit pas assez prononcé pour entraîner une mortalité importante. Kemp (comm. pers, 1991) a noté que les poissons commencent à récupérer dès que le niveau d'acidité diminue. La rivière Matamek présente les pH les plus acides des quatre rivières étudiées. Les résultats obtenus pour la Matamek montrent que les concentrations élevées d'aluminium inorganique (40-150 µg/L) peuvent amplifier le stress lié au choc acide. Dans cette rivière, le niveau de stress est supérieur et la récupération des tacons est plus lente que dans les autres rivières.

Kemp et al. (1991) estiment que plus de 80 % de l'habitat du saumon de la Côte-Nord est vulnérable à l'acidification. Ceci implique qu'une faible augmentation de la charge acidifiante pourrait augmenter l'amplitude des chocs acides et que la majorité des populations de saumons de la Côte-Nord y seraient soumises.

Les études de Richard (1982) ont démontré que les problèmes de gestion pour la pêche sportive (absence de capture, poids faible des poissons, grande variabilité des captures totales de poissons) étaient directement reliés à l'acidité des lacs et à leur sensibilité à l'acidification. De plus, les densités (Frenette et al., 1986) et les biomasses de l'omble de fontaine décroissent avec l'augmentation de l'acidité (Figures 7 et 8) dans la région hydrographique de la Mauricie (Tremblay, 1991).

La figure 9 précise le seuil de tolérance à l'acidité des différentes espèces de poissons capturées dans les régions hydrographiques de l'Outaouais et de la Mauricie. On observe que près de 75% des espèces présentes à pH supérieur ou égal à 6,0 n'ont pas été capturées lorsque le pH est inférieur à 5,0 comparativement à 25% à un pH inférieur à 5,5 . Nous constatons que l'intervalle de pH 5,0-5,5 constitue le seuil-limite pour la survie de la majorité des espèces de poissons.

Des populations d'omble de fontaine ont complètement disparu de lacs très acides (pH < 5,1) entre 1951 et 1980 dans la région de Charlevoix (Richard, 1986). Les tentatives de réintroduction de l'espèce ont toutes échoué. En plus de l'acidité des plans d'eau, la présence de concentrations élevées d'aluminium toxique combinées aux faibles concentrations de calcium auraient contribué à inhiber la survie de l'omble de fontaine dans ces lacs. Frenette (1986) rapportait la disparition d'une population de grand brochet d'un lac du

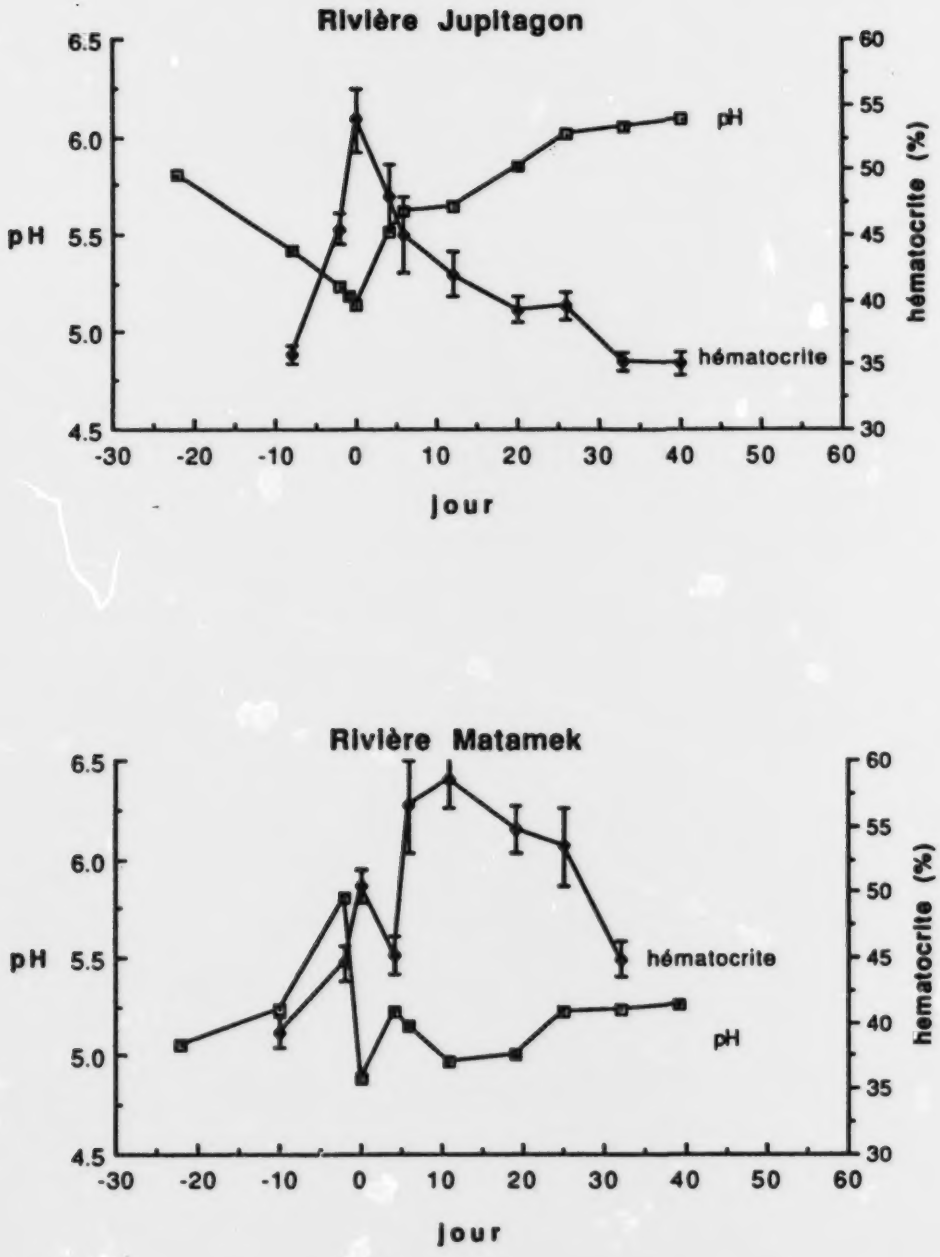


Figure 6. ÉVOLUTION DU pH DE L'EAU ET DU TAUX D'HÉMATOCRITE DES TACONS DE SAUMON LORS DES BIO-ESSAIS FAITS AU PRINTEMPS 1990 DANS LES RIVIÈRES JUPITAGON ET MATAMEK.

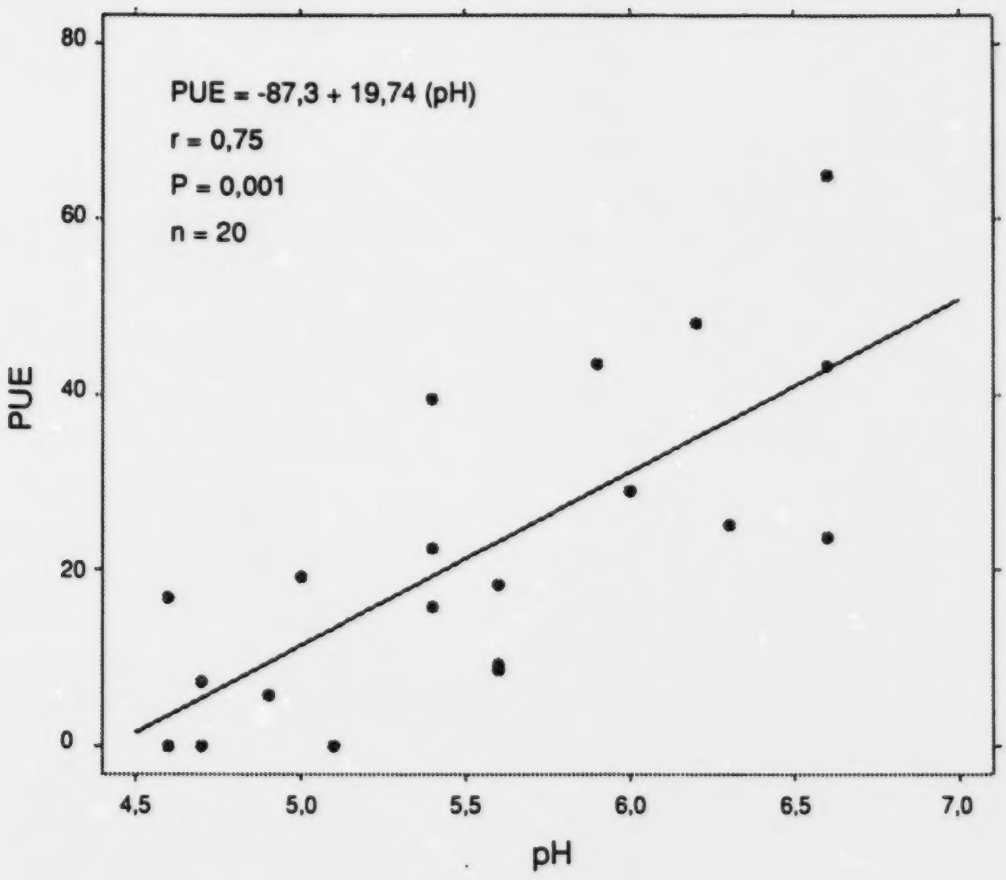


FIGURE 7 RELATION ENTRE LES PRISES PAR UNITÉ D'EFFORT (PUE) DE POPULATIONS ALLOPATRIQUES D'OMBLE DE FONTAINE ET LE pH MESURÉ DANS 20 LACS DE LA MAURICIE.

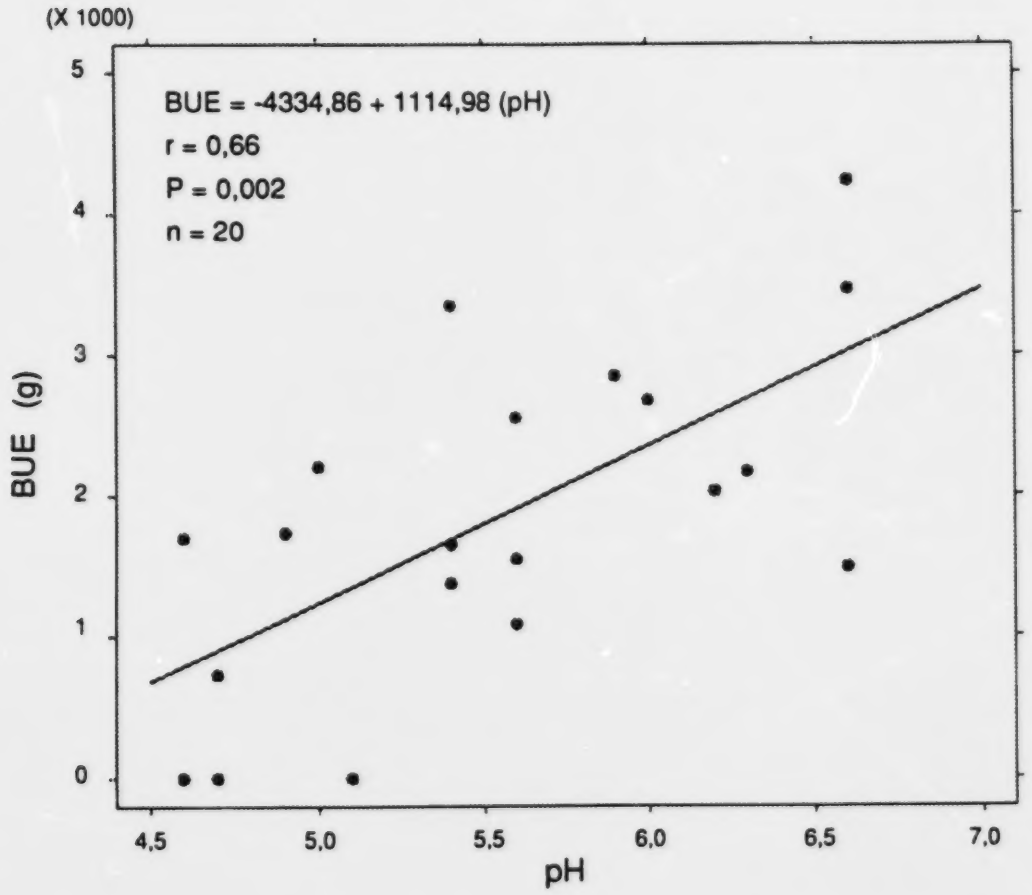


FIGURE 8 RELATION ENTRE LES BIOMASSES PAR UNITÉ D'EFFORT (BUE) DE POPULATIONS ALLOPATRIQUES D'OMBLE DE FONTAINE ET LE pH MESURÉ DANS 20 LACS DE LA MAURICIE.

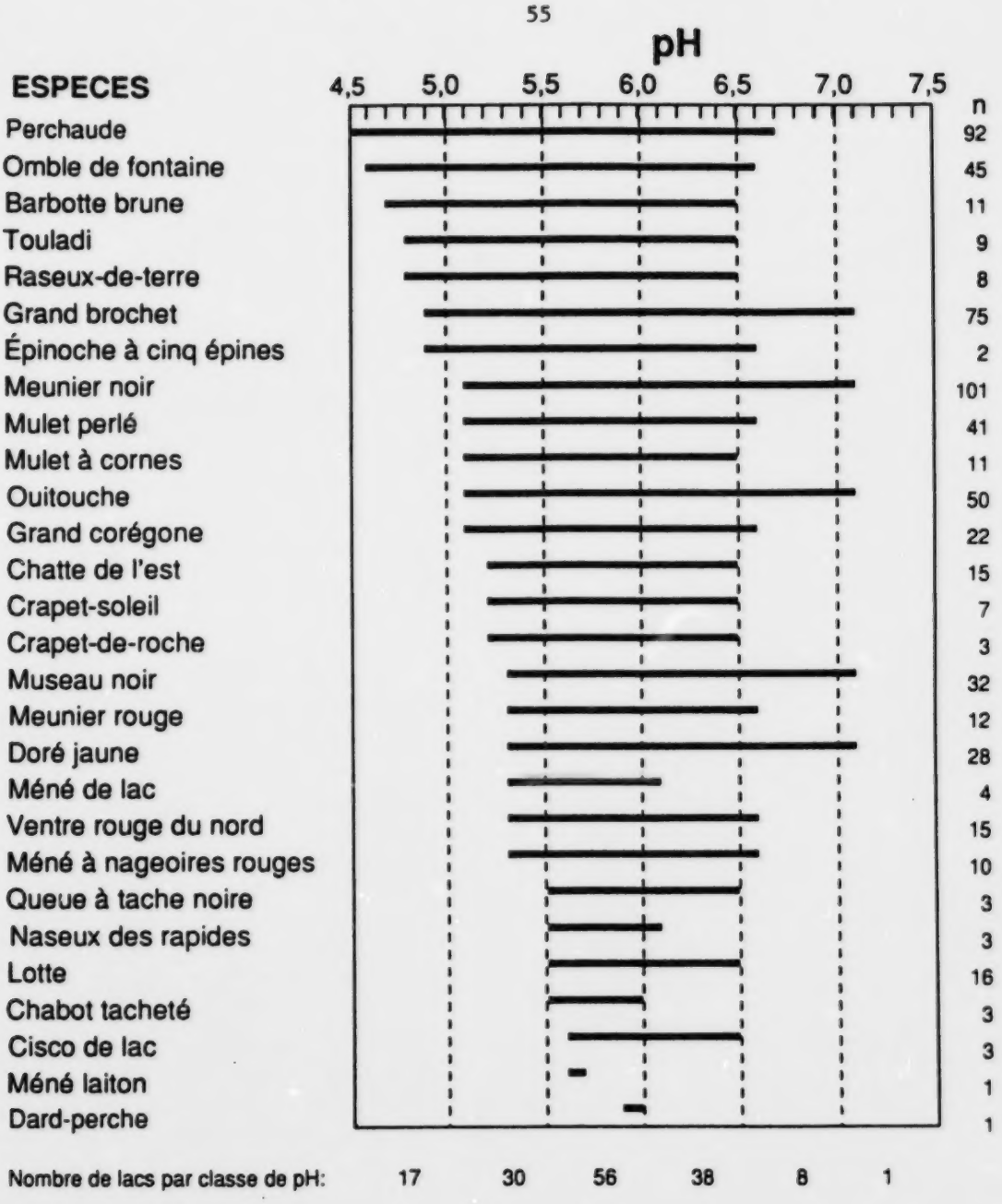


Figure 9 **Distribution des 28 espèces de poissons en fonction du pH dans 150 lacs des régions hydrographiques de de l'Outaouais et de la Mauricie.**

Témiscamingue. L'acidification des eaux de surface serait responsable de la disparition complète de deux populations de doré jaune et de touladi d'un lac de 15 km^2 et de 8 km^2 du Témiscamingue (Blanchette et Girard, 1989; Girard et Jourdain, 1989). Tremblay et Richard (1990) ont estimé que plus de 10 000 populations de poissons auraient disparu suite à l'acidification des 33 080 lacs sensibles de la région hydrographique de l'Outaouais.

Une étude conduite sur 74 lacs de la région hydrographique de l'Outaouais, a montré que l'augmentation de l'acidité entraîne la perte de certaines espèces de poissons (Figure 10), la réduction des biomasses piscicoles (Figure 11) et l'altération des structures de taille du doré jaune (Figure 12) et du touladi (Figure 13) (Tremblay et Richard, 1990). Ces résultats laissent supposer que l'acidité induit un stress à ces écosystèmes lacustres, à un point où leur équilibre est possiblement rompu.

Actuellement, on s'accorde chez les scientifiques sur le fait que la réduction des émissions polluantes de SO_2 et de NO_x puisse entraîner à longue échéance la restauration physico-chimique des lacs touchés par l'acidification. Cependant, au niveau biologique, il n'existe pratiquement aucune évidence à l'effet que les espèces disparues puissent coloniser à nouveau les habitats perdus du moins à court et à moyen terme. À la perte d'espèces piscicoles vient également s'ajouter l'élimination de certains taxons d'autres niveaux trophiques reconnus comme étant très sensibles à l'acidification tels les plantes aquatiques, le phytoplancton, le zooplancton et le benthos lesquels sont parallèlement touchés. Les pertes de populations de poissons pourraient s'avérer une perte de stock génétique irremplaçable.

Il est illusoire de croire qu'une recolonisation biologique par les populations originelles suivrait à court terme la réduction des émissions polluantes. Présentement, la pérennité, la productivité et la diversité des écosystèmes aquatiques de certaines régions du Québec ne peuvent être assurées considérant l'importance des dépôts de substances acidifiantes sur notre territoire.

RÉFÉRENCES

Blanchette, N., et F. Girard, 1989. Caractérisation de l'habitat du doré jaune dans 7 lacs du Témiscamingue, en rapport avec l'effet des précipitations acides, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, SAEF Rouyn-Noranda, Québec, 72 p.

Chevalier, G., L. Gauthier, and G. Moreau, 1985. Histopathological and electron microscopic studies of gills of brook trout, Salvelinus fontinalis, from acidified lakes., Can. J. Zool. 63: 2062-2070.

DFO, 1987. Effects of acid precipitation on lake and river ecosystems in Quebec: review of Department of Fisheries and Oceans research activities (1981-1985), Can. Tech. Fish. Aquat. Sci., no 1554, 65 p.

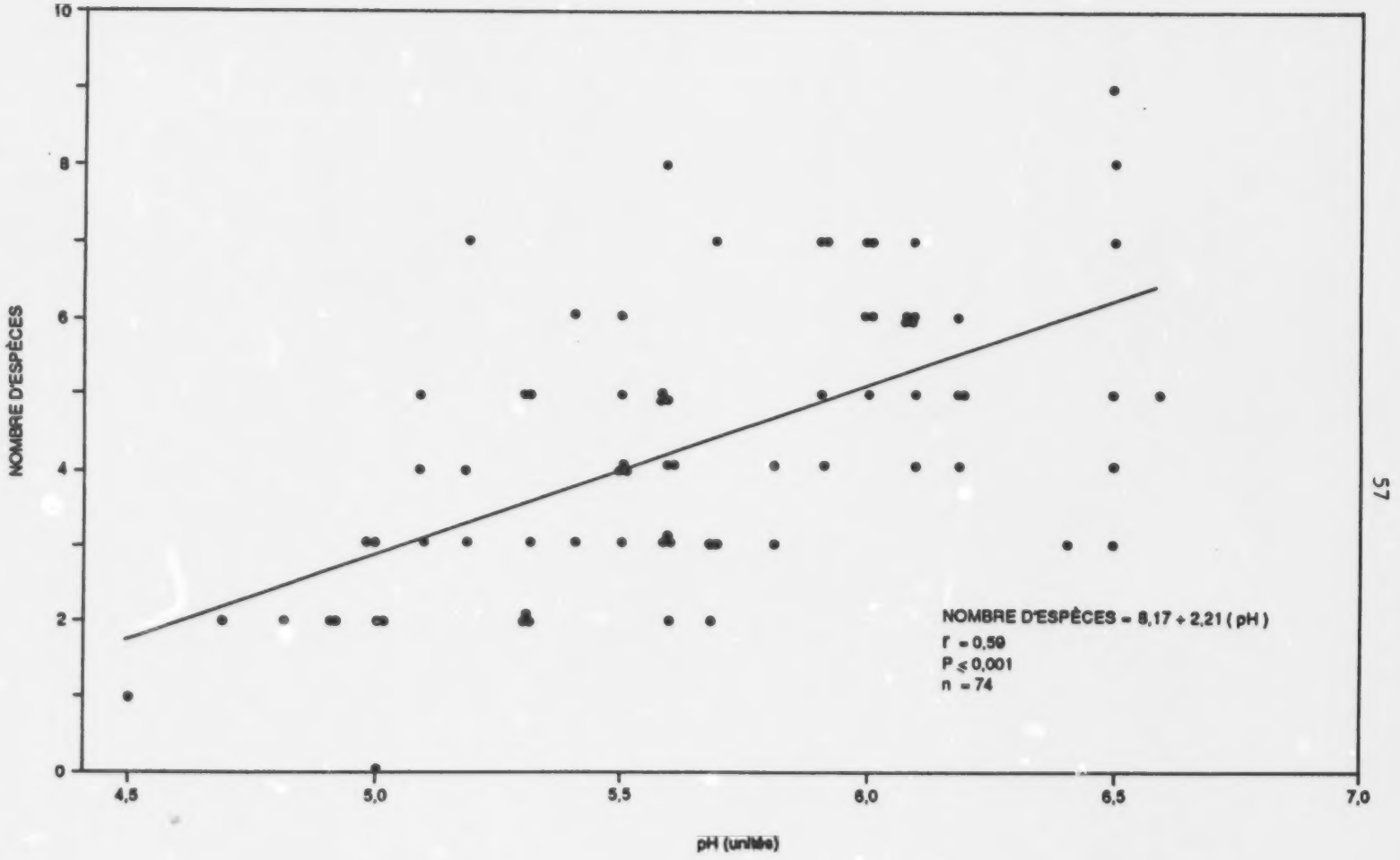


Figure 10. RELATION ENTRE LE NOMBRE D'ESPÈCES PISCICOLES ET LE pH DANS 74 LACS DE LA RÉGION HYDROGRAPHIQUE DE L'OUTAOUAIS

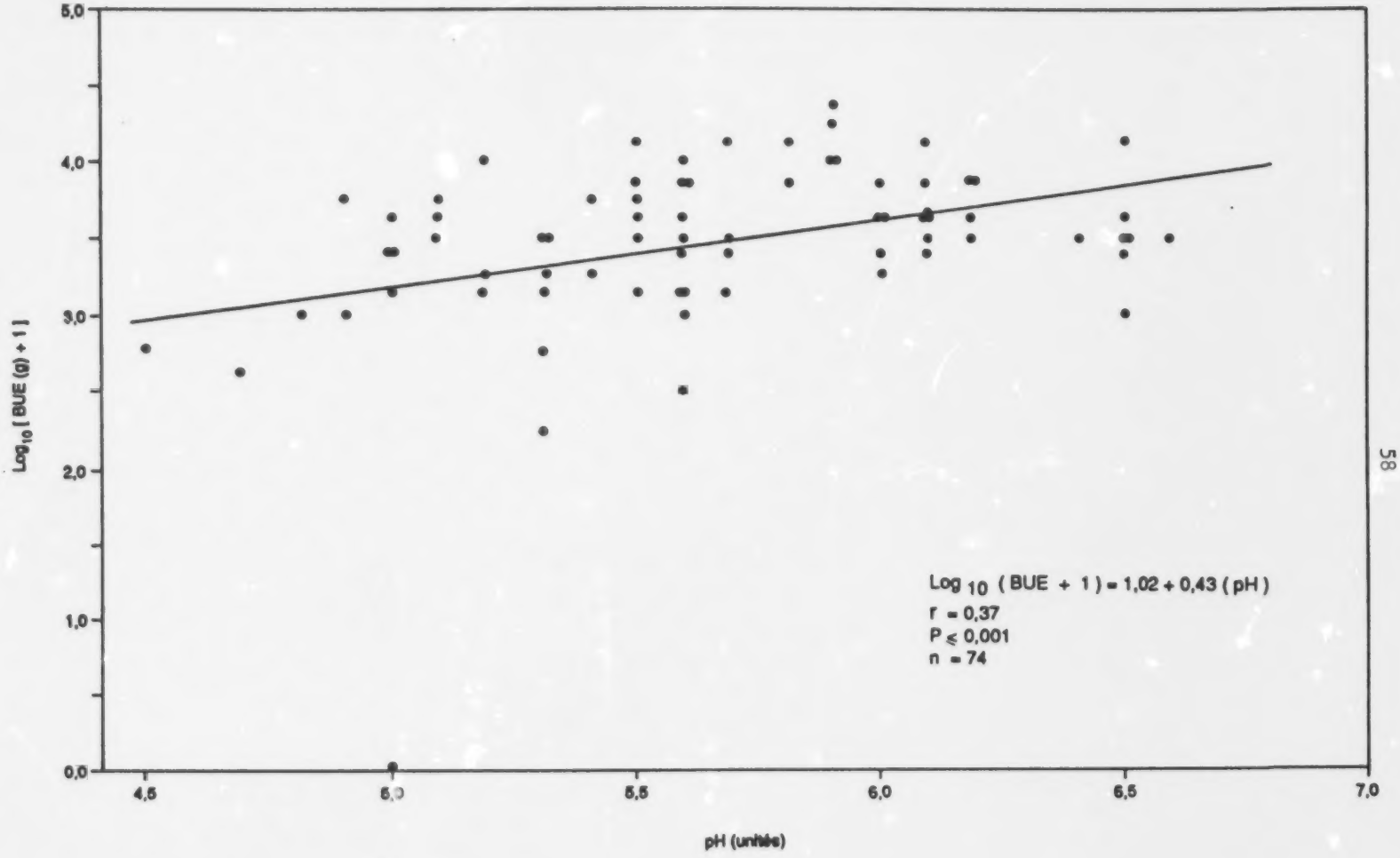


Figure 11. RELATION ENTRE LA BIOMASSE TOTALE PAR UNITÉ D'EFFORT (BUE) ET LE pH DE 74 LACS DE LA RÉGION HYDROGRAPHIQUE DE L'OUTAOUAIS.

DORÉ JAUNE

Stizostedion vitreum

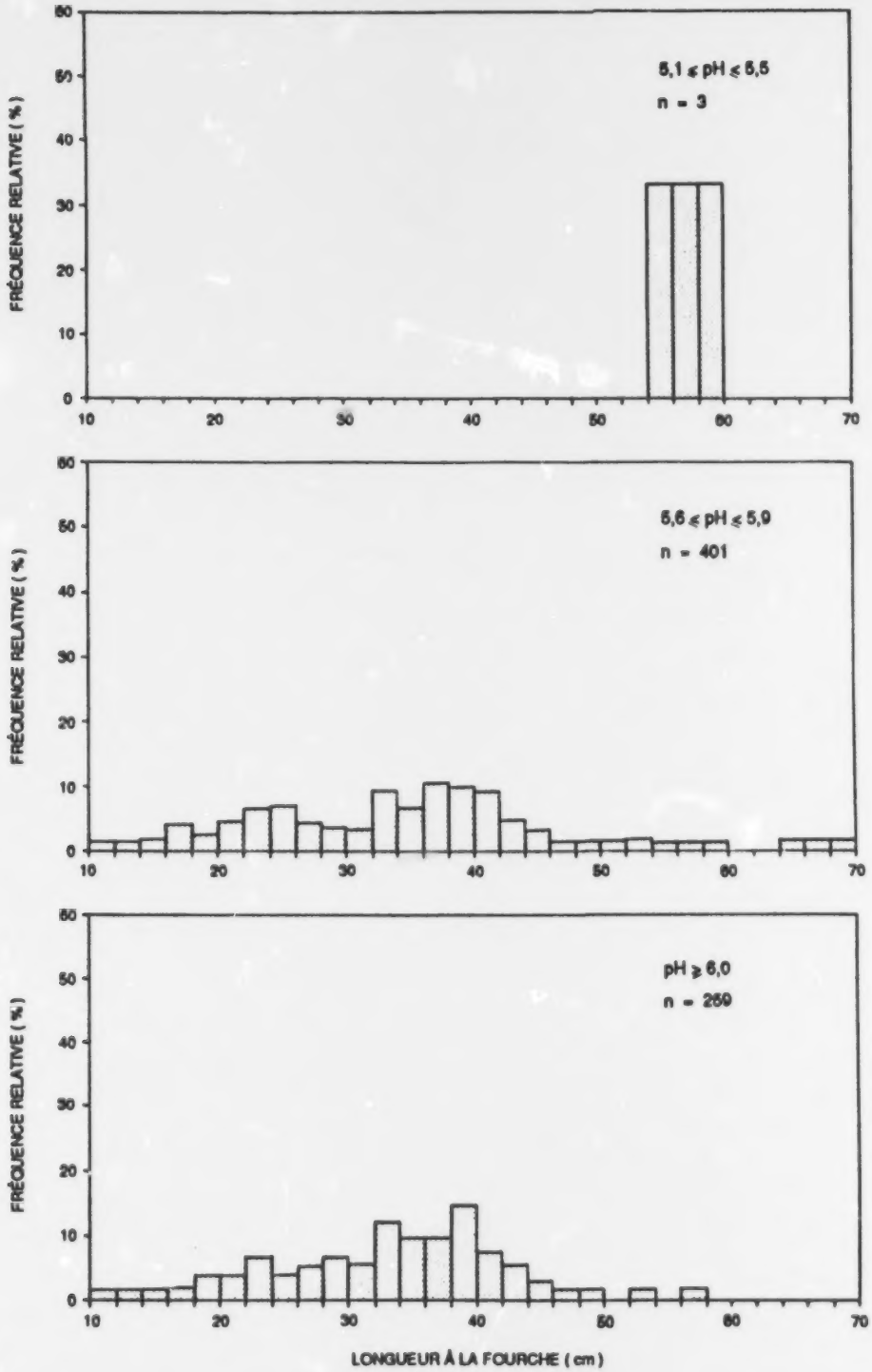


Figure 12. DISTRIBUTION DE FRÉQUENCE DE TAILLE DU DORÉ JAUNE DANS LES LACS ACIDES (5,1 ≤ pH ≤ 5,5), DE TRANSITION (5,6 ≤ pH ≤ 5,9), ET NON ACIDES (pH ≥ 6,0) DE L'OUTAOUAIS.

TOULADI

Salvelinus namaycush

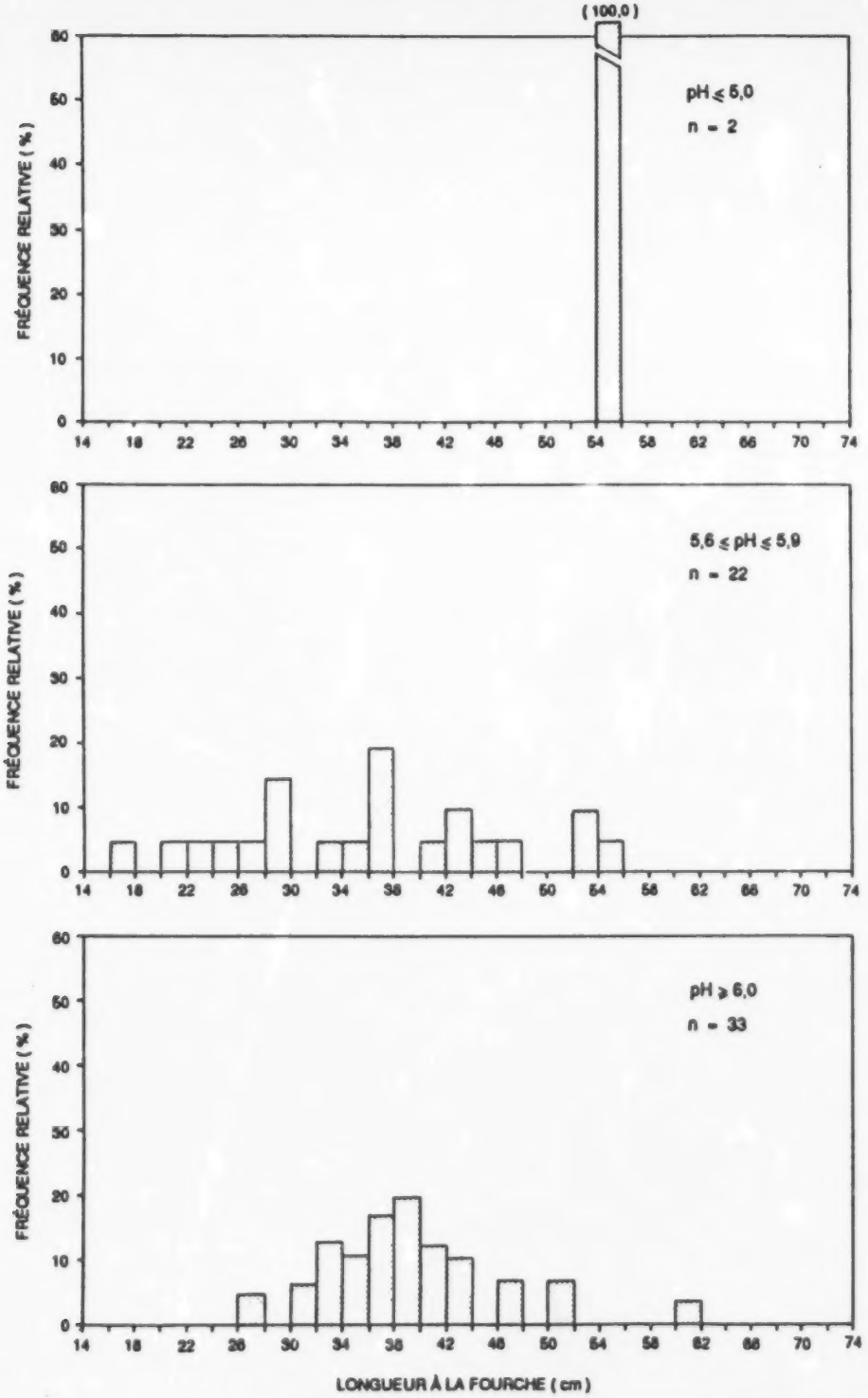


Figure 13. DISTRIBUTION DE FRÉQUENCE DE TAILLE DU TOULADI DANS LES LACS TRÈS ACIDES (pH ≤ 5,0), DE TRANSITION (5,6 ≤ pH ≤ 5,9), ET NON ACIDES (pH ≥ 6,0) DE L'OUTAOUAIS.

États-Unis - Canada, 1983. Mémorandum déclaratif d'intention concernant la pollution atmosphérique transfrontalière, Évaluation des impacts, Groupe de travail N^{O} 1, rapport final.

Frenette, J.J., 1986. Effet de l'acidité sur les communautés ichtyologiques de 17 lacs du Témiscamingue, ministère de l'Environnement du Québec, rapport no PA-23, Envirodoq 860150, 102 p.

Frenette, J.J., and J.J. Dodson, 1984. Brook trout (Salvelinus fontinalis) population structure in acidified Lac Tantaré, Québec., Can. J. Fish. Aquat. Sci., 41: 865-877.

Frenette, J.J., Y. Richard, and G. Moreau, 1986. Fish response to acidity in Québec lakes: a review., Water Air and Soil Pollut., 30: 461-476.

Girard, F., et L. Jourdain, 1989. Diagnose sommaire de la communauté ichtyologique du lac Chenon, secteur Belleterre, en rapport avec l'effet des précipitations acides, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, SAEF Rouyn-Noranda, Québec, 20 p.

Kemp, A., M. St-Pierre, et D. Hardy, 1991. Vulnérabilité à l'acidification des rivières à saumon de la Côte-Nord, ministère des Pêches et Océans Canada, division de l'habitat du poisson (région du Québec), en préparation.

Langlois, C., Y. Vigneault, L. Desilets, A. Nadeau, et M. Lachance, 1983. Évaluation des effets de l'acidification sur la physico-chimie et la biologie des lacs du bouclier canadien (Québec), Rapport tech. can. sci. halieut. aquat., no 1233, 129 p.

Moreau, G., C. Barbeau, J.J. Frenette, F.Lévesque, J. Saint-Onge, et M. Simoneau, 1984. Influence des précipitations acides sur les populations d'ombles de fontaine (Salvelinus fontinalis) de la réserve des Laurentides, Université Laval, CENTREAU pour la direction des inventaires et de la recherche du ministère de l'Environnement du Québec, Envirodoq no 840471, rapport no PA-7, 124 p.

Pinel-Alloul, B., et G. Méthot, 1985. Évaluation des effets de l'acidification sur les lacs du bouclier canadien: relation entre les carctéristiques morphométriques, physcio-chimiques et biologiques de 54 lacs du Québec, Rapport du Centre de recherches écologiques de Montréal au ministère des Pêches et Océans. 195 p.

Pope, G., M.C. Tarissants, et R. Fontaine, 1985. Utilisation de modèles trophiques et de la structure des communautés planctoniques pour déterminer les effets de l'acidité et de facteurs environnementaux particuliers sur la chaîne alimentaire dans les lacs du Québec, Volume 2: Étude limnologique de 50 lacs du Québec, rapport de IEC Beak au ministère des Pêches et Océans.

Richard, Y. 1982. Relation entre le niveau d'acidité de 158 lacs du parc des Laurentides et l'évolution de leurs statistiques de pêche au cours des neuf dernières années, ministère de l'Environnement du Québec, Service de la qualité des eaux, rapport no PA-5, Envirodoq no ND-03921, 115 p.

Richard, Y. 1985. Influence du niveau d'acidité des milieux lacustres sur la faune ichtyologique de la région de Portneuf, Québec, ministère de l'Environnement du Québec, direction des relevés aquatiques, Envirodoq no 850237, rapport no PA-15, 197 p.

Richard, Y. 1986a. Effet de l'acidité sur les plantes aquatiques, les organismes benthiques et la faune piscicole des lacs de la ZEC des Martres, région de Charlevoix, Québec: étude synthèse, Conférence présentée par le ministère de l'Environnement du Québec à la première conférence internationale des limnologistes d'expression française, université Laval (juillet 1986)", ministère de l'Environnement du Québec, direction de la qualité du milieu aquatique, document de travail QE 86-6, Envirodoq no 860244, 28 p.

Richard, Y. 1986b. Effets de l'acidité sur les populations ichtyologiques de la Z.E.C. des Martres, Charlevoix, Québec, ministère de l'Environnement du Québec, ministre de l'Environnement du Québec, direction des relevés aquatiques, Envirodoq no 850741, rapport no PA-22, 47 p.

Richard, Y. 1988. Effet de l'acidité sur les organismes benthiques des lacs et des émissaires de la Z.E.C. des Martres, Charlevoix, Québec, direction de la qualité du milieu aquatique, ministère de l'Environnement du Québec, Envirodoq no 870249, rapport PA-28, 98 p.

Shilts, W.W., K.D. Card, W.H. Pooke, et B.V. Sanford, 1981. Sensibilité de la roche en place aux précipitations acides et modifications dues aux phénomènes glaciaires, Commission géologique du Canada, étude 81-14, 7 pages, 3 cartes.

St-Pierre, M., et G. Moreau, 1986. Reproduction de l'omble de fontaine, Salvelinus fontinalis (Mitchill), dans des lacs de différents pH., Hydrobiologia 141: 237-248.

Tremblay, S., et Y. Richard, 1990. Étude synthèse de l'effet de l'acidité sur les communautés piscicoles de 74 lacs de la région hydrographique de l'Outaouais, Québec, direction de la qualité du milieu aquatique, ministère de l'Environnement du Québec, Envirodoq no 900090, rapport no PA-30, 109 p.

Tremblay, S. 1991. Étude synthèse de l'effet de l'acidité sur les communautés piscicoles de 76 lacs de la région hydrographique de la Mauricie, Québec, direction de la qualité des cours d'eau, ministère de l'Environnement du Québec, Envirodoq no 909001, rapport PA-40, 71 p.

LE PROGRAMME DE RECHERCHE DU MINISTÈRE DES FORÊTS DU QUÉBEC SUR LES IMPACTS DES POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES SUR LES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS : BILAN ET PERSPECTIVES[1]

par

Germain Paré, ing.f., M.Sc.F.
Chef de la Division de R-D en gestion
et en protection des forêts

Ministère des Forêts
Direction de la recherche
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec)
CANADA
G1P 3W8

1991-10-07

---

[1] Conférence présentée au COLLOQUE SUR LES PRÉCIPITATIONS ACIDES ET LA POLLUTION PAR L'OZONE, Hôtel Reine-Élizabeth, Montréal, 4 et 5 novembre 1991.

HISTORIQUE

C'est avec l'apparition du phénomène du dépérissement forestier au début des années 1980 que le Ministère des Forêts du Québec, alors le Ministère de l'Énergie et des Ressources, a entrepris des recherches pour évaluer l'ampleur du phénomène et en déterminer les causes et les impacts.

Le dépérissement est rapidement apparu comme suffisamment inquiétant, surtout dans les érablières, pour mobiliser d'importants efforts de recherche, ici comme ailleurs dans le monde. Après dix ans de recherche, il n'est pas encore possible (le sera-t-il un jour?) d'apporter des réponses finales aux multiples questions qui ont été alors soulevées, notamment en ce qui concerne la responsabilité des polluants atmosphériques dans ce phénomène, les fameuses «pluies acides». Cependant, on peut certainement dire que nous en connaissons plus aujourd'hui qu'à ce moment-là. Les opinions tranchées, tant celles prédisant la destruction complète de nos forêts que celles minimisant l'impact du dépérissement, ont quasiment disparu à la lumière des informations produites par la recherche.

Au cours des prochaines minutes, je vais donc essayer de parcourir avec vous ces quelques années de recherche en tentant d'en faire un bilan et d'en dégager quelques perspectives, surtout en ce qui concerne la question des polluants atmosphériques.

Je tiens à préciser immédiatement que je ne suis que le coordonnateur de l'équipe de recherche de près de 20 chercheurs et techniciens qui oeuvrent au ministère des Forêts dans le domaine de la protection des forêts, sans compter les nombreux chercheurs universitaires que nous soutenons financièrement. Ce sont eux les véritables artisans des

résultats obtenus. Mon exposé ne sera pas celui qu'aurait fait un chercheur, je tenterai plutôt de discuter de la portée des résultats obtenus au lieu de les démontrer chiffres à l'appui.

LE PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LES STRESS ENVIRONNEMENTAUX: SES OBJECTIFS ET SON ENVERGURE

Les recherches sur les polluants atmosphériques s'inscrivent dans le programme de recherche des impacts des stress environnementaux sur les écosystèmes forestiers. Ce programme de recherche s'intéresse à l'impact sur les forêts des phénomènes de changements climatiques (effet de serre engendré par l'augmentation des gaz dans l'atmosphère), de pollution atmosphérique (notamment l'acidité des précipitations et l'ozone) et du dépérissement des forêts. Ce programme est inclus dans l'ensemble plus vaste des recherches en protection des forêts.

Les objectifs du programme de recherche sont :

1) Déterminer l'ampleur et la sévérité du dépérissement forestier au Québec.

2) Rechercher les causes du phénomène du dépérissement, notamment :

   a) établir les relations entres les facteurs écologiques et les taux de dépérissement forestier,

   b) déterminer les facteurs prédisposants, déclenchants et aggravants du dépérissement.

3) Établir les relations entre les quantités et qualités des polluants atmosphériques et l'état de santé, la productivité et le cycle nutritif des écosystèmes forestiers.

4) Vérifier les conséquences des stress environnementaux et des changements climatiques sur les écosystèmes forestiers (notamment par la dendrochronologie).

5) Étudier les moyens de combattre ou de diminuer les impacts du dépérissement forestier (notamment par la fertilisation).

6) Évaluer les impacts socio-économiques du dépérissement forestier, des changements climatiques et de la pollution atmosphérique.

Le programme de recherche actuel compte une quinzaine de projets actifs et représente des investissements de l'ordre de près de 2 M$ par année, dont une partie vient d'une Entente Canada/Québec sur le développement forestier. Le Tableau 1 énumère les sujets et les types de recherche. On peut y constater la variété des sujets. Les projets sont réalisées tant par l'équipe de recherche du Ministère, que par des chercheurs universitaires (9 projets dans 5 universités) ou par d'autres organismes.

Étant donnée la nature de ces recherches, des contacts étroits sont maintenus avec d'autres ministères québécois (ministère de l'Environnement du Québec, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec), avec Forêts-Canada, les universités, etc... De plus, ces problèmes étant d'envergure internationale, des échanges ont lieu en étant membre de plusieurs groupes de travail, notamment le ATMOSPHERIC CHANGES AND FOREST STUDY GROUP (North American Forestry Commission, FAO) et de la ASSESSMENT AND MONITORING OF AIR POLLUTION EFFECTS ON FORESTS TASK FORCE (sous l'égide de la Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, Europe).

Avant d'aborder directement la question des polluants atmosphériques, permettez-moi de dire encore quelques mots sur le dépérissement forestier.

LE DÉPÉRISSEMENT FORESTIER

Au Québec, c'est à la fin des années 1970 que le dépérissement a commencé à se manifester dans les érablières. La mise en place d'un réseau de 256 places-échantillons semi-permanentes entre 1983 et 1987 dans les érablières du Québec a permis entre autres de déterminer l'état

de santé de ces forêts. Ces places ont été évaluées annuellement et les résultats globaux indiquent que jusqu'en 1987, il y a eu une augmentation constante de la sévérité et une détérioration de l'état de santé des peuplements (Voir Figure I). En 1988 et 89, nous percevons une stabilité, voire une légère amélioration de l'état de santé alors qu'en 1990 on constate une légère augmentation de la sévérité par rapport à l'année précédente[2]. L'analyse préliminaire des mesures de l'été 1991 nous incite à croire que le dépérissement est toujours présent et actif dans des érablières de plusieurs régions, bien qu'il n'évolue pas comme dans les premières années de son apparition.

«Le dépérissement se décrit comme étant une diminution progressive de la vitalité de l'arbre, ceci se traduisant par des symptômes apparents tels la perte de feuillage au sommet et au pourtour de la cime, et qui progresse de l'extérieur vers l'intérieur. Il est associé à une diminution de la vitesse de croissance et de la dimension des feuilles et à une coloration hâtive du feuillage indiquant une carence en éléments nutritifs. On observe également une mortalité accrue qui se produit parfois graduellement avec la sénescence des arbres dépérissants, mais qui se produit aussi parfois très subitement, à l'intérieur d'une ou deux années, une mort presqu'inexplicable, qui surprend par sa soudaineté.»[3]

---

[2] GAGNON, G. ET G. ROY, 1991. «Le dépérissement des érablières est-il en voie de régression?» La Terre de chez nous, 21 au 27 février 1991.

[3] OUIMET, R. 1991. «Que peut-on faire pour empêcher le dépérissement de nos érablières?» Conférence présentée au Salon de l'Acériculture, 21-22 septembre 1991, Montmagny, Québec.

Quant aux causes du dépérissement, plusieurs hypothèses ont été avancées. Les études réalisées ne permettent pas de relier le dépérissement à une cause unique. Le dépérissement est plutôt le résultat d'un ensemble de facteurs produisant une accumulation de stress sur les arbres et qui finissent par causer les pertes de vigueur et la mortalité. Les facteurs se classeraient en :

- facteurs prédisposants: facteurs toujours présents agissant à long terme pour diminuer la vigueur, par exemple: les sols minces ou peu fertiles (carences en éléments nutritifs), la pollution atmosphérique, les changements climatiques, etc...
- facteurs déclenchants: facteurs qui causent l'apparition de symptômes visibles, par exemple: les accidents climatiques (gel, dégel, sécheresse), une épidémie d'insectes, etc...
- facteurs aggravants: facteurs qui s'attaquent aux arbres déjà en perte de vigueur pour accentuer le dépérissement, par exemple: les insectes secondaires, les caries et champignons, etc...

Ces diverses causes s'ajoutent et peuvent agir en proportion variable selon les endroits. L'envergure, la durée et certaines autres caractéristiques du dépérissement observé actuellement, par exemples les carences nutritives, nous portent à croire que des facteurs nouveaux par rapport aux épisodes précédents de dépérissement sont à considérer en dehors des facteurs naturels déjà connus, tels que gel, dégel, sécheresse, épidémies d'insectes. Parmi ces facteurs nouveaux, on pense aux pluies acides, aux changements climatiques, à la pollution par l'ozone comme étant des candidats sérieux, en association avec les facteurs naturels déjà énumérés. Le problème demeure évidemment d'en apporter la preuve formelle et de déterminer la part de chacun.

RECHERCHE SUR LES POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES

Les polluants atmosphériques, sous formes de précipitations, de gaz ou de particules sèches ont plusieurs impacts sur les écosystèmes forestiers. En quantités suffisantes, ils peuvent causer des lésions

directes à certaines parties des végétaux, les feuilles et les racines notamment avec des conséquences variables sur les plantes. L'un des effets les plus probables cependant est l'appauvrissement en nutriments des sols forestiers soumis à un apport d'acides. L'acidification récente des sols a été rapportée dans plusieurs pays européens. Des données historiques nous manquent cependant au Québec pour montrer cette acidification récente des sols.

Une station d'étude des impacts des polluants atmosphériques sur les écosystèmes forestiers a été établie au lac Clair, dans la station forestière gouvernementale de Duchesnay près de Québec. Des données sont recueillies dans quatre sites : dans une tour, au niveau du sol dans une éclaircie et à plusieurs niveaux dans deux écosystèmes forestiers, une érablière à bouleau jaune et une sapinière à épinette rouge.

Une tour de 23 mètres de hauteur, édifiée en 1987, permet de mesurer les polluants atmosphériques au-dessus du couvert forestier. Les concentrations dans l'air de l'ozone (O_3), de dioxyde de soufre (SO_2), et d'oxydes d'azote (NO, NO_2) sont déterminées tout au long de l'année. Les particules sèches sont également recueillies. Les précipitations sont échantillonnées à l'aide de plusieurs collecteurs. Les conditions météorologiques sont aussi enregistrées.

Afin de suivre les modifications physico-chimiques des précipitations dans les écosystèmes, des échantillons sont recueillis à 1,5 m de hauteur, à 25 cm de hauteur, le long des troncs d'arbres et dans le sol à plusieurs niveaux. Au lendemain de chaque événement pluvieux important (>5 mm), des échantillons sont récoltés. Ils sont immédiatement analysés en laboratoire pour les paramètres suivants : pH, conductivité, alcalinité, chlorures, nitrites, nitrates, sulfates, phosphates,

ammonium, silice, sodium, potassium, calcium, manganèse, fer, magnésium et aluminium.

Le projet a jusqu'ici permis de dégager quelques éléments. Au niveau des polluants gazeux, seul l'ozone présente des concentrations pouvant potentiellement avoir des impacts sur les écosystèmes. L'acidité des précipitations entraîne un lessivage de certains cations basiques au niveau de la cime, principalement le potassium (K), suivi du calcium (Ca) et du magnésium (Mg). Au niveau du sol, des changements des propriétés physico-chimiques des sols forestiers peuvent entraîner des modifications de la distribution des racines dans le sol et des populations fauniques et florales du sol[4].

La complexité des écosystèmes et le grand nombre de facteurs et d'interrelations possibles rendent difficiles d'établir un lien clair entre un facteur donné et son impact. Pour avoir une perspective d'ensemble, regardons un peu l'évolution de la productivité forestière au cours des dernières décennies.

LA PRODUCTIVITÉ FORESTIÈRE

Une étude de dendrochronologie a été entreprise en 1985 afin de déceler entre autres, l'impact du dépérissement des érablières sur la productivité forestière. La courbe d'accroissement annuel présentée ici (Figure 2) dérive d'une étude dendrochronologie sur 87 arbres de différentes classes de sévérité du dépérissement de la région des Appalaches.

---

[4] LAFLAMME, D. et R. OUIMET, 1991. «Impacts des précipitations acides» pour l'État de l'Environnement, MENVIQ (en préparation)

La courbe de croissance s'échelonne de 1900 à 1989. La zone hachurée représente la portion de cette courbe qui est influencée par le présent dépérissement. La courbe montre un effondrement sans précédent de la croissance pour ce siècle. Ces résultats préliminaires indiquent un déclin de la croissance vers 1977, soit avant l'avènement des écarts climatiques et de l'épidémie de livrée des forêts. La plus forte perte de croissance, survenue en 1981 dans le cas de la courbe moyenne, varie de 1980 à 1984 selon certains secteurs.

La compilation du remesurage des places-échantillons permanentes du Service de l'inventaire forestier du ministère des Forêts (MFO) illustre pour la même région, une augmentation de la mortalité annuelle en nombre de tiges à l'hectare. Dans les zones de dépérissement élevé, la mortalité est de trois fois supérieure à la période précédant ce dépérissement (tableau 2)[5].

Avant de terminer, permettez-moi de prendre quelques instants pour aborder le sujet du monitoring des écosystèmes forestiers.

LE MONITORING DES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS

Le présent épisode de dépérissement forestier et l'étude des impacts de la pollution atmosphérique, et encore plus récemment, ceux des changements climatiques, nous ont clairement montré l'importance de détenir des informations fiables et aussi complètes que possible sur l'évolution des écosystèmes forestiers et de l'ensemble des conditions qui ont conduit à cette évolution. Nous cherchons en effet à démontrer,

---

[5] GAGNON, G. et G. ROY, 1991. «Impact sur la productivité forestière» pour l'État de l'Environnement, MENVIQ (en préparation)

à comprendre ou à prévoir les impacts d'un ou plusieurs facteurs agissant de concert sur les écosystèmes. Les effets de ceux-ci peuvent être subtiles, indirects, très variables, cumulatifs sur plusieurs années, modifiés par l'action d'autres facteurs ou par la réaction des écosystèmes et difficiles à mesurer parce que souvent à la limite de détection des appareils ou des connaissances. Nous avons actuellement de la difficulté à apporter des réponses aux nombreuses questions, sur les effets des pluies acides par exemple, parce que nous ne possédons pas ou très peu de données historiques utiles et fiables sur l'évolution des écosystèmes. Sans ces informations historiques, on ne peut savoir en quoi les écosystèmes ont été modifiés.

Pour nous en sortir, nous en sommes réduits à tenter de mesurer l'évolution des écosystèmes forestiers sur des périodes très courtes, par conséquent avec des difficultés plus grandes, alors que l'on sait très bien que l'histoire antérieure de l'écosystème est d'une importance cruciale pour comprendre ce que nous observons actuellement.

En de nombreux endroits au monde, ce besoin de mettre sous surveillance des écosystèmes forestiers s'est traduit par la mise en place de réseaux de monitoring. Au Québec, des efforts et des sommes d'argent relativement considérables ont été investis pour mettre sur pied un tel réseau depuis 1986. Le MFO et le MENVIQ, pour ce qui concerne la mesure des polluants atmosphériques, ont installé des places d'étude et des équipements dans les principaux écosystèmes forestiers du Québec. Le Réseau de surveillance des écosystèmes forestiers (RESEF) et le Réseau de mesure des polluants atmosphériques en milieux agricole et forestier du Québec (REMPAFAQ) placent le Québec parmi les pays d'avant-garde. Encore faut-il conserver cette position enviable?

En effet, ces réseaux de surveillance, dont l'absence s'est cruellement faite sentir, sont par définition des efforts soutenus et à long terme. Des gestionnaires ayant une vision à plus court terme ont souvent tendance à réduire les activités pour faire des économies. Pourtant ces réseaux ne peuvent souffrir de discontinuités. Ils sont essentiels dans le cadre d'une stratégie de protection des forêts et de l'environnement.

L'utilité de ces réseaux n'est cependant pas qu'à long terme, elle est immédiate pour qui veut bien la voir. Ils peuvent nous permettent de détecter des problèmes beaucoup plus tôt, avant l'apparition de dommages ou de conséquences plus visibles; ils nous permettent d'apporter des réponses beaucoup plus rapidement et, finalement, ils génèrent des informations utiles dans de nombreux domaines : recherche, connaissance de base, inventaire, planification. De plus, les places d'étude des réseaux peuvent devenir des centres d'attraction de plusieurs activités de recherche et développement parce qu'elles permettent de disposer d'une série chronologique d'informations, facteur d'une grande importance pour qui étudie un phénomène ou qui vise évaluer les impacts d'un facteur ou d'une activité.

CONCLUSION

En guise de conclusion, cette présentation ne vous aura pas apporté une description précise des impacts des polluants atmosphériques sur les écosystèmes forestiers. J'ai plutôt tenté de vous montrer l'ampleur de l'effort réalisé à date et de ceux qui seront nécessaires pour en mesurer l'impact sur nos écosystèmes forestiers, de même que ceux d'autres phénomènes que l'on regroupe sous le vocable «stress environnementaux». Les réponses obtenues à date nous indiquent qu'il faut continuer.

En ce qui concerne les impacts précis des pluies acides, ils demeureront toujours très difficiles à établir avec précision. La principale caractéristique des écosystèmes forestiers est qu'ils sont composés d'organismes vivants. Par définition, chaque arbre, chaque plante est particulier et différent de son voisin et il a la capacité de se modifier en fonction des facteurs qui agissent sur lui. Cette faculté de réagir, de se modifier et de modifier son environnement, nous indique par contre que les pluies acides ont un impact sur les écosystèmes forestiers.

En effet, un facteur qui peut tuer toute vie dans un lac ou détruire des oeuvres d'art ou des bâtiments ne peut pas ne pas avoir d'impacts dans un écosystème forestier. À cause de l'adaptabilité des êtres vivants, la forêt que nous voyons aujourd'hui est le résultat de tous les facteurs qui l'ont influencée. La forêt que nous aurons demain sera le résultat de tous les facteurs qui ont agi et qui agissent aujourd'hui, y compris les polluants atmosphériques et les changements climatiques. La forêt de demain ne sera certainement pas la même avec l'action des facteurs agissant aujourd'hui.

Le défi est de savoir en quoi elle sera différente, et non pas si elle sera différente. D'où l'importance de bien suivre l'évolution de nos écosystèmes forestiers.

Merci!

Tableau 1

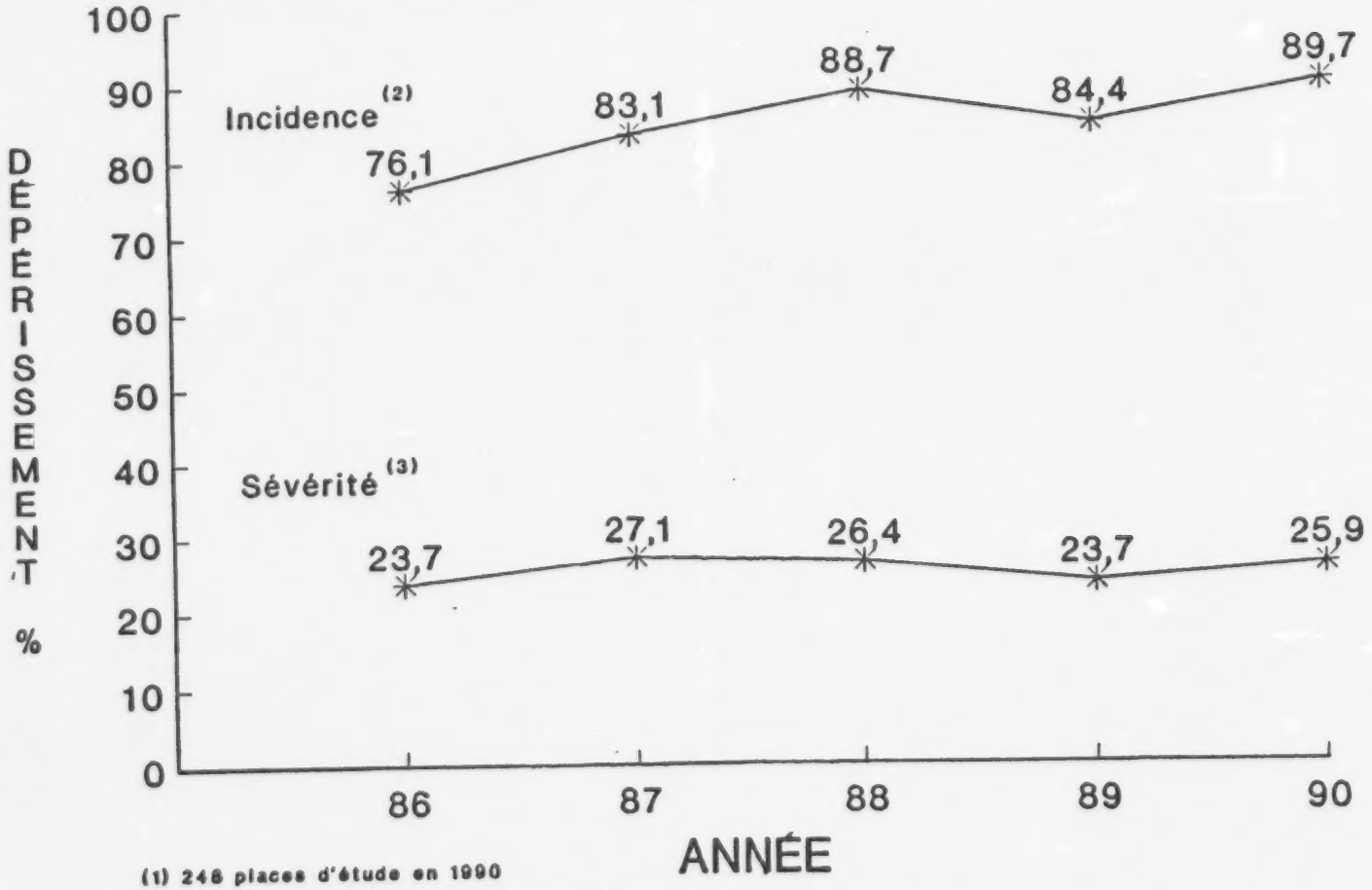
PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LES IMPACTS DES STRESS ENVIRONNEMENTAUX SUR LES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS

Liste des projets de recherche

Numéro	Type	Titulaires	Organismes	Sujets
103020	S	B. Bernier	U. Laval	Statut nutritif
103030	I	G. Gagnon G. Roy	DGPF	Dépérissement et mortalité dans les érablières
103040	I	G. Gagnon	DGPF	Stress environnementaux
103050	E	G. Blouin G. Jacques	MENVIQ	Mesures des polluants atmosphériques
104050	I E	D. Laflamme N. Bertrand	DGPF DEE	Impacts des polluants atmosphériques
104200	I	D. Laflamme	DGPF	Impacts des pluies acides sur semis
105010	S	C. Camiré	U. Laval	Devenir des fertilisants
105020	S	W. Hendershort	U. McGill	Impacts des polluants sur la chimie des sols
105030	S	R. Baril	U. Laval	Dépôts secs
105040	S	B. Côté	U. McGill	Effets de la fertilisation
105050	S	C. Anseau	U. Sherbrooke	Réflectance spectrale
105060	S	M. Leblanc	UQTR	Spectrofluorimétrie photoacoustique
105080	S	C. Camiré	U. Laval	Système expert pour la fertilisation
105090	S	C. Camiré	U. Laval	Engrais biologiques
105220	I	J.M. Fortin R. Ouimet	DGPF	Prescription de fertilisation
105230	I	R. Ouimet	DGPF	Nutrition des forêts

S : subvention I : interne E : externe C : contrat 91\09\24

FIGURE 1
ÉVOLUTION DE LA VALEUR MOYENNE DE L'INCIDENCE ET DE LA SÉVÉRITÉ DANS LES PLACES D'ÉTUDE ÉTABLIES ENTRE 1983 ET 1987 (256[1] places d'étude)



(1) 248 places d'étude en 1990
(2) Incidence: pourcentage d'arbres affectés
(3) Sévérité: pourcentage de feuillage manquant

FIGURE 2

Courbe de croissance annuelle de l'érable à sucre pour la région des Appalaches (87 arbres)

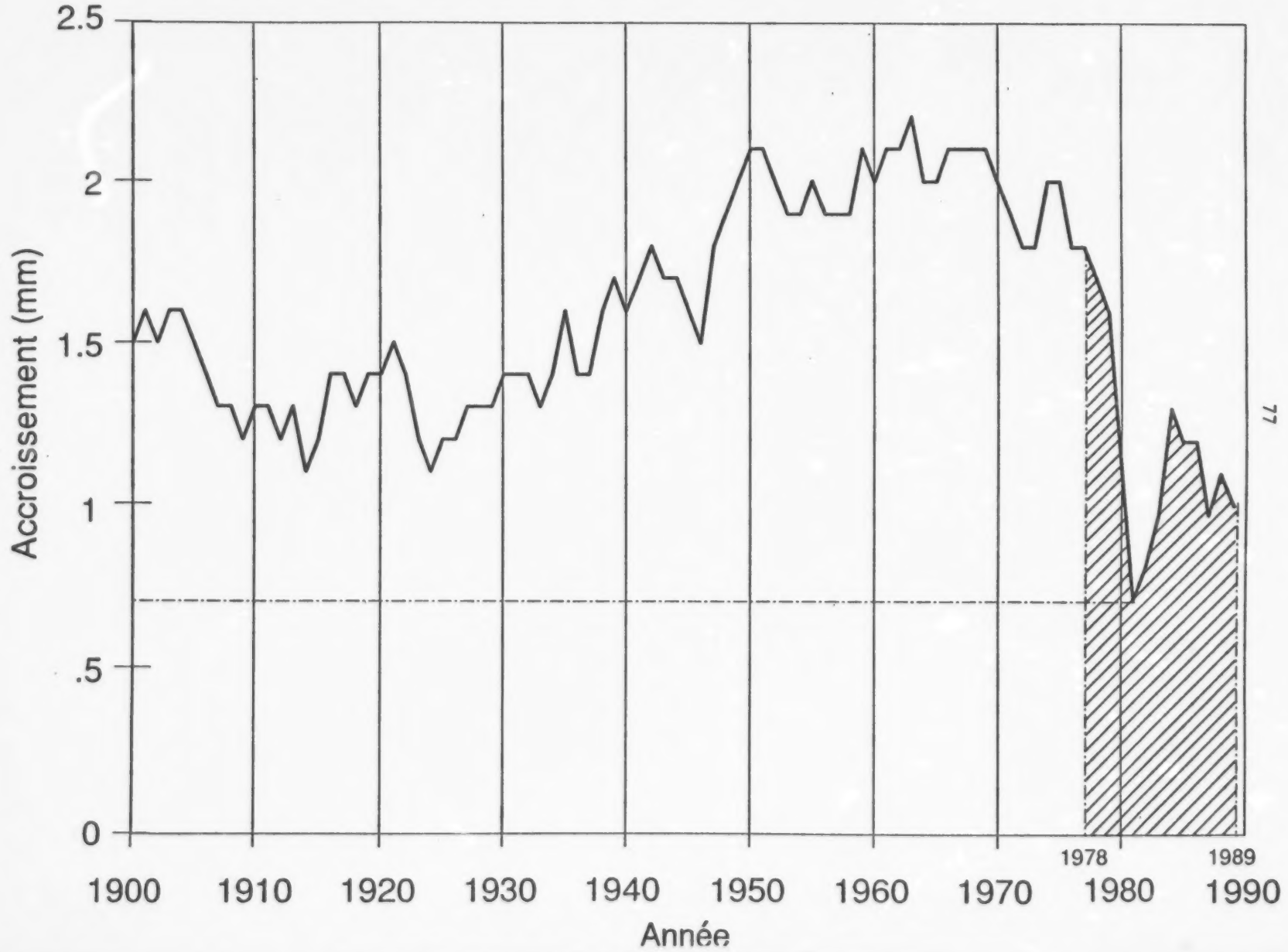


Tableau 1

PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LES IMPACTS DES STRESS ENVIRONNEMENTAUX SUR LES ECOSYSTEMES FORESTIERS

Liste des projets de recherche

Numéro	Type	Titulaires	Organismes	Sujets
103020	S	B. Bernier	U. Laval	Statut nutritif
103030	I	G. Gagnon G. Roy	DGPF	Dépérissement et mortalité dans les érablières
103040	I	G. Gagnon	DGPF	Stress environnementaux
103050	E	G. Blouin G. Jacques	MENVIQ	Mesures des polluants atmosphériques
104050	I E	D. Laflamme N. Bertrand	DGPF DEE	Impacts des polluants atmosphériques
104200	I	D. Laflamme	DGPF	Impacts des pluies acides sur semis
105010	S	C. Camiré	U. Laval	Devenir des fertilisants
105020	S	W. Hendershort	U. McGill	Impacts des polluants sur la chimie des sols
105030	S	R. Baril	U. Laval	Dépôts secs
105040	S	B. Côté	U. McGill	Effets de la fertilisation
105050	S	C. Ansseau	U. Sherbrooke	Réflectance spectrale
105060	S	M. Leblanc	UQTR	Spectrofluorimétrie photoacoustique
105080	S	C. Camiré	U. Laval	Système expert pour la fertilisation
105090	S	C. Camiré	U. Laval	Engrais biologiques
105220	I	J.M. Fortin R. Ouimet	DGPF	Prescription de fertilisation
105230	I	R. Ouimet	DGPF	Nutrition des forêts

S : subvention I : interne E : externe C : contrat 91\09\24

TABLEAU 2

Mortalité de l'érable à sucre, dans les Appalaches, pour deux périodes différentes dans les places-échantillons permanentes du MFO

Zones	Sud du Québec		Estrie		Dépérissement moyen (10-25%)		Dépérissement élevé (+25%)	
Informations	Période		Période		Période		Période	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Nombre de parcelles	403	395	150	150	57	57	11	11
Nombre de tiges utilisées	3 874	4 174	2 158	2 194	765	756	120	117
Diamètre moyen (cm)	18,8	19,4	20,2	21,2	19,7	21,2	28,8	27,4
Nombre d'années entre les mesurages	8,41	6,59	8,23	6,77	8,34	6,64	8,45	6,55
Mortalité annuelle (tiges à l'hectare)	1,4	2,1	2,1	3,5	2,0	2,8	1,6	4,5

* Période 1= 70-78
* Période 2= 79-85

SPEAKING POINTS

FOR AN

ADDRESS

BY

PETER M. HIGGINS

ASSISTANT DEPUTY MINISTER

CONSERVATION AND PROTECTION

ENVIRONMENT CANADA

TO THE

CONFERENCE ON ACID RAIN

AND

GROUND LEVEL OZONE

MONTREAL, QUEBEC

NOVEMBER 4-5, 1991

Thank you. It is my pleasure to have this opportunity to speak to you today about the Canada-United States Air Quality Accord. The Air Quality Accord is a major milestone in Canadian-American relations. Not only will the Accord resolve the acid rain problem, but it provides the means to resolve other air quality problems such as smog and air toxics.

But before I talk specifically about the Accord, I think it is important to review briefly some of the important steps along the way towards this important milestone. As you know, acid rain has been on the top of the Canadian environmental agenda for a long time.

It was back in 1980 that Canada and the United States signed a Memorandum of Intent on Transboundary Air Pollution to work co-operatively in investigating the effects of acidic precipitation on both sides of the border.

In the 1985 Helsinki Protocol under the United Nations Economic Commission for Europe a number of nations, including Canada, committed themselves to a 30 per cent reduction in SO_2 emissions. Although the United States did not sign the Helsinki Protocol, international pressure was mounting on the U.S. to come to terms with this problem.

As well, in 1985 we in Canada reached a significant milestone. Environment Ministers in our 7 eastern provinces agreed to cap SO_2 emissions to 2.3 million tonnes by 1994 - a 50 per cent reduction from 1980 levels. As you heard before during this conference, the province of Quebec has exceeded its reduction target by over 200 000 tonnes in 1990, 4 years before the other eastern provinces are expected to meet their particular objective within the Canadian Acid Rain Program.

This was followed in January 1986, by the Drew Lewis - Bill Davis "Special Envoys" report on an approach to solving North American acid rain problems. The report in turn gave rise to the multi-billion dollar U.S. Clean Coal Technology program, a program which continues today.

One of the most important steps, of course, was the amending of the U.S. Clean Air Act in 1990. This amended Act defines the programs and establishes the legal framework for achieving major reductions in SO_2 emissions in the U.S. over the next decade. The Act enabled the U.S. to make its commitments under the Canada-U.S. Accord - commitments that will be of great benefit to the Canadian environment.

You will also recall the numerous summit meetings between the Prime Minister and Presidents Reagan and Bush throughout the 1980's at which acid rain topped the agenda.

As well, throughout the 1980's we had intensive lobbying on the part of provincial and state governments, environmental groups, the media and citizens on both sides of the border.

Together, this collective effort led to the establishment of the Air Quality Accord.

The Accord, signed by Prime Minister Mulroney and President Bush on March 13th of this year, builds on the U.S. Clean Air Act of 1990 and Canada's acid rain control program of 1985.

I would like to touch briefly on some of the key provisions of the Accord. First, the Accord codifies the principle that countries are responsible for the effects of their air pollution on one another. It commits both countries to consult, in advance, on any activities that might cause significant transboundary air pollution, and states that each must take steps to avoid or mitigate these risks. It also requires both countries to consult and develop the means to deal with any existing transboundary air pollution problems.

The Accord also deals with implementation mechanisms and reporting. For instance, both nations are required to report publicly on the progress being made in addressing transboundary air pollution problems.

The key commitments in the Accord, however, are in the two technical Annexes - one that deals with co-operation on science and one that defines the specific obligations of each country in reducing the two primary air pollutants that cause acid rain - namely sulphur dioxide and nitrogen oxides.

The Annex on Science is cross-cutting and is meant to deal with the supporting science needs not just of acid rain but of other air quality issues that eventually may be dealt with under the Accord, for instance, ground level ozone and air toxics. The areas for co-operation defined in this Annex go well beyond the environmental and health effects of air pollutants, they also include emissions inventories and emissions control technologies as well as innovative new mechanisms for controlling air pollution such as emissions trading.

The other Annex, the one we refer to as the Acid Rain Annex, is the first in a potential series of Annexes dealing with specific transboundary air quality issues. The Acid Rain

Annex defines our specific commitments to reduce SO_2 and NO_x for the purpose of reducing acidification. On the Canadian side, this Annex reaffirms Canada's commitment to the 2.3 million tonne SO_2 cap for eastern Canada by 1994 and extends it to the year 2000. It also establishes, for all of Canada, a national SO_2 cap of 3.2 million tonnes beginning in the year 2000.

On the U.S. side we have the substantive SO_2 reduction commitments that are essential if Canada's acid rain problem is to be resolved. A 10 million tonne reduction in SO_2 emissions in the U.S. should cut transboundary flows of sulphur dioxide into Canada in half. Canada's acid rain control program will reduce Canadian transboundary flows of sulphur dixoide into the eastern United States by more than 50 per cent by 1994. Reductions of these magnitudes in the United States and Canada will allow our aquatic and terrestial systems to begin to recover.

The Acid Rain Annex also contains commitments dealing with NO_x reductions. The Canadian NO_x reduction obligations are consistent with our domestic NO_x/VOC Management Plan. You will be hearing more about the NO_x/VOC program in tomorrow's sessions. Both Canada and the United States are committed in the Acid Rain Annex to tighter NO_x standards for automobiles. With the exception of these NO_x emissions from cars, the commitments by both sides are perceived as being very modest. No doubt, this whole area will be revisited when we begin to address, in a bilateral context, the major air quality issue associated with excessive NO_x emissions - namely ground level ozone.

There are two other commitments in the Acid Rain Annex that bear mentioning. One is the continuous monitoring provision for power plants, which of course will be of interest to the electric utility sector. The other is the Prevention of Significant Deterioration, or PSD, provisions. These PSD provisions provide for the preservation of air quality in areas identified as pristine - for example, parks and wilderness areas. You will note here that Canada has committed to adopting PSD requirements in border regions similar to the PSD requirements in the United States. Environment Canada will be examining further our approach to this issue and determining the specific actions that will be required by federal and provincial governments to respond to this commitment.

While the Annexes to the accord specify what each country is committed to do to solve a problem, the means taken to achieve a solution will remain a unilateral decision.

We are now working with our U.S. counterparts in setting up mechanisms for implementing the provisions of the Accord. A formal bilateral committee is being formed to oversee this implementation. I am pleased to say that on the Canadian side, the bilateral committee will have several provincial participants representing the different regions of the country - western Canada, the Atlantic provinces, Ontario and Quebec. This will ensure that the provinces are directly involved in assessing both the U.S. and our own performance in meeting the provisions of the Accord. As well, the provinces will participate first-hand in interpreting the need for Canadian actions to fulfill our commitments under the Accord.

The bilateral committee will be formally known as the Air Quality Committee. The first order of business of the Air Quality Committee will be to prepare the first progress report on the Accord. This report, due in March 1992, is to be submitted to the International Joint Commission and will then be subject to the Commission's public review process. This will afford an opportunity for all interested parties to assess the performance of both countries in meeting the obligations of the Accord.

To fully appreciate the value of the Accord one has to step back and view its significance in a broader context. The Accord ensures that we have a continuing mechanism to focus attention on transboundary air quality issues between the two countries. As I just stated, the International Joint Commission may hold public hearings and solicit public reaction on the level of progress being made in resolving transboundary air pollution problems. The Accord also provides a process for settling any disputes that may arise between the two countries in dealing with transboundary air pollution problems. As well, the Accord itself is subject to review after 5 years.

Under the Green Plan, the government's comprehensive environmental agenda, $30 million dollars have been allocated over 6 years to verify the effectiveness of the Canadian and U.S. acid rain control measures contained in the Canada-U.S. Air Quality Accord. These monies will also be used to assist in the implementation of the federal/provincial commitment to permanently cap SO_2 emissions in Canada.

The Green Plan initiative will also place particular emphasis on furthering our understanding of the environmental and health effects of acid rain. For example, funds are being allocated to determine the rate and extent of recovery of lakes and rivers from acid rain damage. In addition, we will closely monitor emissions, acid deposition and the recovery of surface waters.

Our expanded research program will also establish the role of acid rain in forest decline. By 1994, we will report on the cause of forest decline and indicate whether further emission reductions are needed.

Funds will also be used to verify whether current emission control actions are adequate to fully protect human health. Such research will build on previous studies. For example, a study conducted in the province of Ontario drew parallels between the levels of acidic air pollution and the number of people admitted to hospital with respiratory complaints.

By 1996, we will report on the human health effects of acid rain-related pollutants, and the need for further emission control actions.

Economic instruments such as "emissions trading" will also be used to facilitate the successful implementation of the Accord. For instance, polluters who can reduce emissions within a given air system and the region it affects at a reasonable cost, may trade credits with those industries that find the costs of reducing emissions prohibitive. By working together, industries will be able to meet the overall emission targets for the airshed.

Notably, the Green Plan recognizes the links between the environment and the economy. In many ways, it is as much an economic document as it is an environmental one. One of the most interesting Green Plan initiatives is the $100 million dollar Technology for Solutions program to help firms develop new pollution abatement technologies - technologies which will go a long way to improving air and water quality in Canada. This initiative will no doubt enhance those provisions in the Accord dealing with the co-operative exchange of information on the development and demonstration of new technologies.

As you can see, it's an exciting time to be in the environmental protection business and the Air Quality Accord is an example of a success story.

In finding a way to stop acid rain, Canada and the U.S. have forged an ageement that goes well beyond this issue. Prior to signing of the accord, Canada and the U.S. spent more than a decade trying to develop a bilateral solution to the problem of acid rain. Now that this agreement exists, the resolution of the air quality issues such as urban smog and air toxics should prove much easier.

I will close by repeating that the Air Quality Accord is a major milestone in Canadian-American relations. The Accord forms a solid foundation for new co-operative ventures on air quality issues. We are at the beginning of a new era of understanding, one that is in the process of resolving the acid rain problem, one that can be used to come to terms with ground-level ozone and air toxics, domestically and internationally. I invite you to monitor our progress and to continue to provide your expert guidance as we implement the Accord.

Thank you.

American Clean Air Act Amendments of 1990
Title IV - Acid Deposition

Paul Horwitz
Acid Rain Division
Office of Atmospheric & Indoor Air Programs
U.S. Environnemental Protection Agency

Conference on Acid Rain and Groung Level
Ozone (Smog)

Montréal, November 4, 1991

The Clean Air Act Amendments of 1990 Title IV - Acid Deposition

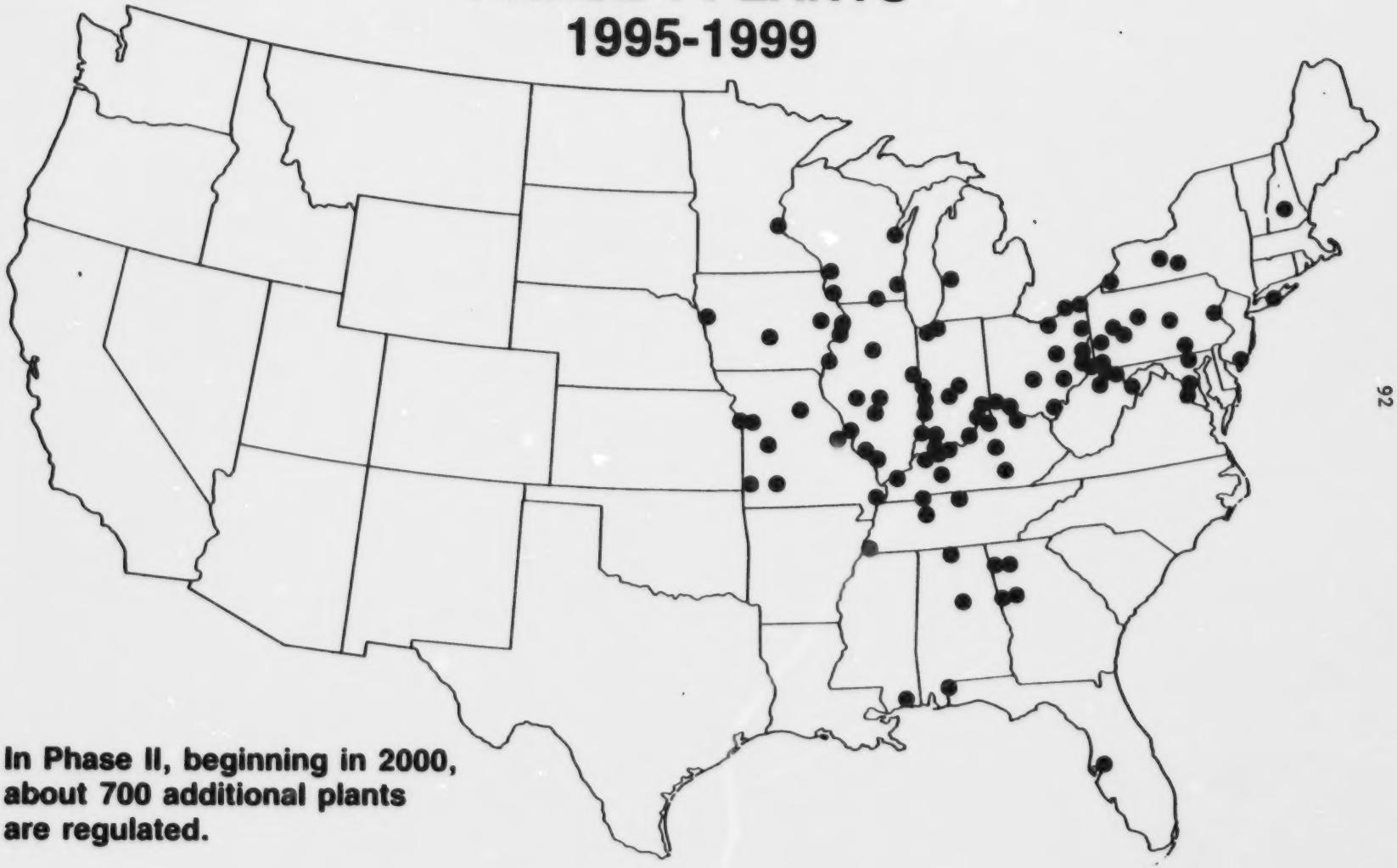
90

THE ACID RAIN PROGRAM

TITLE IV

- Established in the Clean Air Act Amendments of 1990
- Sulfur dioxide and nitrogen oxide reductions from utilities
- New approach to curbing sulfur dioxide emissions
  - Market-based allowance system
  - 8.95-million ton cap beginning in 2000

PHASE I PLANTS
1995-1999



In Phase II, beginning in 2000, about 700 additional plants are regulated.

PROGRAM GOALS

- Achieve a 10-million-ton reduction of sulfur dioxide and mandated reductions of nitrogen oxide
- Facilitate active trading of allowances
- Promote pollution prevention and energy efficiency

PROGRAM PRINCIPLES

- Keep our eyes on the prize
- Let the market do the work
- Consult, communicate, strive for consensus
- Promote regulatory efficiency

GUIDING PHILOSOPHY

- Workable
- Flexible
- Accountable

CORE ACID RAIN RULES

Allowances Rule	(40 CFR Part 73)
Permits Rule	(40 CFR Part 72)
Monitoring Rule	(40 CFR Part 75)
Excess Emissions Rule	(40 CFR Part 77)

PROPOSED ALLOWANCE SYSTEM RULE
OVERVIEW

- 1 allowance = 1 ton sulfur dioxide emissions
- EPA allocates allowances to affected utilities
- Allowances are fully marketable
- Allowances must equal emissions

PROPOSED ALLOWANCE SYSTEM RULE

Developed to provide:

- Neutral low-cost rules of exchange
- Certainty in ownership and transfer of allowances

PROPOSED ALLOWANCE SYSTEM RULE KEY COMPONENTS

- Allowance tracking system
- Allowance transfers
- Compliance with allowances
- Conservation and Renewable Energy Reserve

ALLOWANCE TRADING
HOW IT WORKS

- EPA establishes allowance accounts
- Authorized account representatives can submit allowance transfers
- EPA deducts allowances from sellers' account and credits purchasers' account

ALLOWANCE SYSTEM COMPLIANCE

- After allowance transfer deadline, EPA deducts allowances equal to emissions
- Insufficient allowances—excess emissions penalties and offsets ensue
- Banked allowances—carried forward to next year's compliance sub-account

PROPOSED PERMITS RULE

Developed to provide:

- Maximum flexibility to sources in achieving emissions reductions
- Accountability
- National consistency
- Administrative ease

PROPOSED PERMITS RULE KEY COMPONENTS

- Requirements for certification of the designated representative
- Permit application requirements
- Requirements for special compliance options, including substitution plans, Phase I extensions, reduced utilization, and repowering extensions
- Permit revision procedures
- Permit challenge procedures
- Compliance certification requirements

PERMIT SYSTEM
HOW IT WORKS

- Source owners certify the selection of the designated representative
- Designated representative submits permit application and compliance plan
- Permitting authority reviews application, proposes, gets public comment, and issues permit
- Opportunity for appeal

STATUTORY DEADLINES-PHASE I PERMITS/COMPLIANCE PLANS

Phase I permit applications/ compliance plans due to EPA	February 15, 1993
EPA action on applications/ compliance plans	August 15, 1993
Phase I permits take effect and emissions reduction compliance begins	January 1, 1995

STATUTORY DEADLINES-PHASE II

Phase II sulfur dioxide permit applications/ compliance plans due	January 1996
Phase II permits issued	December 1997
Phase II emissions reduction begins	January 2000
Phase II begins for units with repowering extensions	December 2003

PROPOSED CEM RULE

Developed to provide:

- Continuous, accurate measurement of emissions
- Credibility for allowance trading

PROPOSED CONTINUOUS EMISSIONS MONITORING RULE KEY COMPONENTS

- Monitoring requirements for sulfur dioxide, nitrogen oxide, flow, diluent gas, carbon dioxide, and opacity
- Recordkeeping and reporting requirements
- Alternative monitoring system requirements

PROPOSED CONTINUOUS EMISSIONS MONITORING RULE KEY COMPONENTS (continued)

- Appendices
  - Monitor certification requirements
  - QA/QC procedures
  - Procedures for filling in missing data

EMISSIONS MONITORING HOW IT WORKS

- Source submits monitoring plan for EPA review/approval
- Source notifies permitting authority of monitor certification test
- Source submits test results to EPA for certification

EMISSIONS MONITORING HOW IT WORKS (continued)

- Source begins operation of continuous emissions monitoring system (CEMS)
  - Phase I—November 15, 1993
  - Phase II—January 1, 1995
- Source submits quarterly emissions reports (hourly data)
- Incentive-based system for improving data accuracy

PROPOSED EXCESS EMISSIONS RULE

Developed to provide:

- Incentives for self-enforcement

EXCESS EMISSIONS RULE KEY COMPONENTS

- Penalties for sulfur dioxide and nitrogen oxide
  - $2,000/ton excess emissions (indexed to the CPI) automatically due and payable
- Offset planning for sulfur dioxide (1 allowance for each ton) of excess emissions

ADDITIONAL ACID RAIN RULES

- Auctions and sales rule
- Allowance allocations
- Section 407 nitrogen oxide rules
- Section 410 opt-in rules

COLLOQUE SUR LES PRÉCIPITATIONS ACIDES ET
SUR LA POLLUTION PAR L'OZONE

4 et 5 novembre 1991

LE PROGRAMME DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE SO_2 AU QUÉBEC: 1980-1990

Georges Boulet et Laval Lapointe
Sainte-Foy (Québec)

Le programme de réduction des émissions de SO_2 au Québec: 1980-1990

Georges Boulet et Laval Lapointe

Ministère de l'Environnement du Québec
Direction des Relations intergouvernementales

Résumé

Les problèmes causés à l'environnement québécois par les précipitations acides ont amené le gouvernement du Québec à élaborer une politique en matière de lutte aux précipitations acides. Cette politique prévoit des interventions sur divers fronts, tant au niveau canadien qu'américain, et identifie notamment les engagements gouvernementaux relativement à ce problème.

Ce document fait état des actions prises par le gouvernement du Québec pour diminuer les émissions de SO_2 en provenance d'installations situées sur son territoire. On y décrit les résultats obtenus au cours des dix dernières années par secteurs industriels et on y souligne l'ampleur de la diminution des rejets de même que les facteurs qui ont contribué à celle-ci. Le document signale que des progrès considérables ont été faits. Ceux-ci permettent au Québec non seulement de respecter ses engagements à diminuer les émissions de SO_2 de 45 p. 100 en 1990 et de 55 p. 100 à compter de 1995, mais de les dépasser largement dès l'année 1990.

1- Introduction

Les précipitations acides et de l'ozone troposphérique constituent les principaux problèmes de pollution atmosphérique transfrontalière dans le nord-est de l'Amérique du Nord et notamment au Québec. Je me limiterai ici au problème des précipitations acides, qui, au cours de la dernière décennie, a mobilisé plus que tout autre problème environnemental les scientifiques, les gouvernements, la population et les médias, .

À la suite des présentations de ce matin, je suis convaincu que vous avez pu dégager les faits saillants qui caractérisent la situation du Québec en matière de précipitations acides; notamment les conséquences pour son environnement. Je me propose donc d'aborder essentiellement les actions et les efforts entrepris par le Québec en vue de solutionner ce problème.

2- Origine de la pollution acide

Tout le monde s'entend pour reconnaître que les précipitations acides résultent principalement des émissions de dioxyde de soufre et, à un degré moindre, des émissions d'oxydes d'azote (NO_x).

Comme ce problème est particulièrement aigu dans le nord-est du continent, les émissions qui nous préoccupent plus particulièrement sont celles de l'est des États-Unis, soit les 31 états à l'est du Mississippi, et des 7 provinces de l'est du Canada.

Pour l'est des États-Unis, les émissions de dioxyde de soufre étaient en 1980 de 20 millions de tonnes. La production d'énergie comptait pour 90 p. 100 de ces rejets; les centrales thermiques étant à elles seules responsables de 72 p. 100 de ceux-ci.

Pour l'est du Canada, soit les 7 provinces à l'est du Manitoba, les émissions totalisaient 4,5 millions de tonnes. Les fonderies de métaux non ferreux constituent la source principale de dioxyde de soufre, avec près de 60 p. 100 des émissions, suivi par la consommation globale des combustibles fossiles qui compte pour 32 p. cent.

Tableau 1: Répartition des émissions de SO_2 en 1980

Secteur	Est des États-Unis		Est du Canada	
	10^3 tonnes	%	10^3 tonnes	%
. Centrales thermiques	14 600	72	721	16
. Autres sources de combustion	3 400	17	580	13
. Fonderies de métaux non ferreux	100	0,5	2 672	59
. Transport	500	2,5	128	3
. Autres sources	1 700	8	415	9
Total	20 300	100	4 516	100

On observe actuellement une tendance à la baisse des émissions de SO_2 par rapport au niveau du début des années 1970, soit de 48 p. 100 au Canada et 30 p. 100 aux États-Unis. Cependant, malgré les progrès réalisés au cours des vingt dernières années, le problème des précipita-

tions acides continue de se poser au Québec en raison du transport transfrontalier des polluants.

En effet, 75 p. 100 des émissions à l'origine des retombées acides au Québec proviennent de sources extérieures. Les deux tiers de ces émissions d'origine étrangère arrivent des États-Unis et le reste de l'Ontario. Plus précisément, la plus grande partie du flux transfrontalier venant des États-Unis et affectant le Québec, soit 94 p. 100, provient essentiellement de quatre états américains: l'Ohio, le Michigan, New-York et la Pennsylvanie.

3- La politique et la stratégie québécoise

Face à cette situation et reconnaissant la nécessité d'agir, le Québec s'engageait, dès le début des années 80, à réduire de 30 p. 100 ses émissions de dioxyde de soufre et à coopérer avec les autres provinces et le fédéral en vue d'apporter une solution au problème des précipitations acides.

En 1981, le Québec a soumis un mémoire sur le sujet à l'Agence de protection de l'environnement (EPA) des États-Unis. Le Québec désirait ainsi s'objecter à l'assouplissement des normes d'émissions de dioxyde de soufre et inciter l'Agence à faire respecter les normes en vigueur. C'était la première fois que le Québec intervenait directement auprès du gouvernement fédéral américain. Les autres actions du Québec ont été prises dans le cadre des négociations bilatérales Canada-États-Unis. Ces négociations avaient débuté en 1979 et devaient se poursuivre suite au Mémorandum déclaratif d'intention d'août 1980, concernant la pollution atmosphérique transfrontalière.

Au Canada, la coopération a permis de convenir, en février 1982, qu'un seuil de 20 kilogrammes par hectare par an de dépôts humides de sulfates permettrait d'assurer la protection des écosystèmes modérément sensibles. Pour atteindre un tel objectif, on estimait qu'une réduction de 50 p. 100, soit 2,3 millions de tonnes des émissions de SO_2 en provenance de l'est du Canada, combinée à un effort comparable des États-Unis, était requise.

Cette entente a servi de point de départ au programme canadien de lutte contre les précipitations acides, et ce, malgré l'impossibilité d'obtenir des États-Unis la reconnaissance du bien-fondé de cette position.

En juillet 1984, le gouvernement du Québec s'engageait davantage dans cette lutte en adoptant une politique sur les précipitations acides. Le Québec a défini sa politique en tenant compte de certains éléments importants du problème, notamment le niveau de la contribution des émissions québécoises aux dépôts acides, la contribution des sources outre-frontières et les dommages actuels et éventuels à l'environnement, tout en intégrant certaines orientations convenues entre les provinces et le fédéral.

Les principaux objectifs de cette politique sont alors:

- de réduire les sources québécoises de SO_2 de 45 p. 100 d'ici 1990 par rapport à l'année de référence 1980;

- d'obtenir un engagement de l'Ontario à réduire ses sources de SO_2 de façon à tenir compte de leur contribution au problème québécois;

- de s'assurer que les États-Unis s'engagent à diminuer leurs rejets de SO_2 de l'ordre de 50 p. 100.

Pour réaliser ces objectifs, le Québec se devaient d'intervenir sur trois fronts, soit à l'interne, dans le champs des relations fédérales-provinciales et dans celui des relations Canada-États-Unis. Les deux derniers volets ayant été largement développés par les deux conférenciers qui m'ont précédés, je me concentrerai sur les interventions réalisése du gouvernement sur les sources québécoises contribuant au problème.

4- Le programme d'assainissement des sources québécoises: une offensive efficace

En 1980, les émissions québécoises de SO_2 totalisaient 1 085 000 tonnes dont 60 p. 100 étaient attribuables à deux fonderies de première fusion du cuivre, 28 p. 100 à l'utilisation des combustibles fossiles pour satisfaire les besoins énergétiques et de chauffage ainsi que les besoins de transport, et 12 p. 100 à divers procédés industriels (tableau 2).

L'adoption, en juillet 1984, d'une politique prévoyant une diminution de 45 p. 100 des émissions québécoises de dioxyde de soufre pour la fin de 1990, s'est traduite par la mise en oeuvre de diverses mesures. Cet engagement a d'ailleurs été renouvellé dans le cadre de l'offensive canadienne amorcée en février 1985 et visant à réduire de 50 p. 100, d'ici 1994, les émissions des provinces de l'Est.

Dès février 1985, le gouvernement québécois adoptait deux règlements établissant de nouvelles normes d'émissions. On a promulgué deux

règlements modifiant le règlement sur la qualité de l'atmosphère et celui sur les fabriques de pâtes et papiers.

Tableau 2: Émissions de SO_2 au Québec en 1980

Secteurs	Tonnes de SO_2
I Procédés industriels	
Fonderie de Noranda	552 000
Fonderie de Murdochville	90 900
Industries métallurgiques	43 300
Pâtes et papiers	32 800
Raffineries de pétrole	11 400
Autres procédés industriels	48 000
Sous-total	778 400
II Utilisation des combustibles fossiles	
Systèmes de combustion	258 000
Moyens de transport	48 600
Sous-total	306 600
GRAND TOTAL	1 085 000

Les principales dispositions de ces règlements:

- exigeait la réduction des émissions de dioxyde de soufre de 35 p. 100 en 1989 et de 50 p. 100 en 1990 à la fonderie Horne de Minéraux Noranda inc., et ce par rapport à leur niveau de 1980;

- établissait un niveau minimal de 58 p. 100 de fixation des rejets de SO_2 à la fonderie de Murdochville;

- imposait des normes plus strictes d'émissions de SO_2 pour les usines de pâtes et papiers employant les procédés au sulfite et bisulfite.

Cette même réglementation comportait aussi des mesures de contrôle des oxydes d'azote par le biais de l'interdiction de l'enlèvement ou de la modification des dispositifs antipollution installés sur les véhicules et exigeant leur maintien en bon état durant toute la période d'utilisation.

Plus récemment, soit en juin 1990, le gouvernement adoptait de nouveaux amendements au règlement sur la qualité de l'air, imposant une limite plus stricte sur le contenu en soufre du mazout lourd, qui passait ainsi de 2,5 à 2,0 p. 100 pour les appareils de combustion existants et à 1,5 p. 100 pour tout nouvel appareil de combustion.

Cette mesure était devenue nécessaire afin de contenir les augmentations des émissions de dioxyde de soufre, suite à l'accroissement substantiel et imprévu de la consommation de mazout lourd. Et cela d'autant plus que le gouvernement s'était engagé, en juin 1989, à hausser le niveau de diminution de dioxyde de soufre de 45 à 55 p. 100 d'ici 1995.

Pour atteindre ses objectifs, le gouvernement compte sur le respect strict de l'ensemble des dispositions réglementaires, des objectifs

d'émission fixés pour les divers secteurs industriels ou activités, ainsi que sur certains engagements pris par quelques entreprises.

Il est opportun de souligner que, bien que les efforts d'assainissement aient porté particulièrement sur la principale source d'émission, on n'a pas pour autant négligé les autres secteurs ou activités contribuant de façon non négligeable aux émissions de dioxyde de soufre. Cela est d'ailleurs illustré au tableau 3 où on retrouve la répartition des émissions par secteur en 1980 ainsi que les objectifs d'émissions fixés par le décret gouvernemental du 4 juillet 1984.

Quel type de bilan peut-on constater en 1990, année où l'engagement de réduire de 45 p. 100 devait être respecté?

Le détail du bilan est présenté dans le même tableau. On constate que les émissions sont passées de 1 085 000 tonnes en 1980 à 396 000 tonnes, soit 33 p. 100 de moins que les émissions de 600 000 tonnes correspondant à l'engagement du Québec. Le résultat obtenu en 1990 permet même de devancer l'objectif supplémentaire de 55 p. 100 de réduction pour 1995; les émissions de 1990 représentant une réduction de 66 p. cent par rapport à 1980.

Comme on peut le déduire des données présentées, ce bilan très positif s'explique principalement par les réductions additionnelles importantes obtenues en 1990 dans le secteur des fonderies de métaux non-ferreux (cuivre), particulièrement à l'usine Horne à Noranda et dans une proportion moindre à l'usine de Murdochville, deux établissements qui sont la propriété de Minéraux Noranda inc.

Tableau 3: Émissions de SO_2 du Québec en tonnes

1980 et 1990

Secteurs	1980	1990		Gain
		Émissions prévues (seuil fixé)	Émissions réelles	
. Fonderie de Noranda	552 000	276 000	146 000	130 000
. Fonderie de Murdochville	90 900	64 700	42 600	22 100
. Industries métallurgiques (procédés)	43 300	47 500	31 100	16 400
. Pâtes et papiers (procédés)	32 800	9 600	14 400	(4 800)
. Raffineries de pétrole (procédés)	11 400	13 000	8 900	4 100
. Autres procédés industriels	48 000	48 000	31 400	17 600
. Systèmes de combustion	258 000	102 000	84 700	17 300
. Modes de transport	48 600	38 600	36 800	1 800
TOTAL	1 085 000	600 000	396 000	204 500

Alors que l'usine Horne émettait 552 000 tonnes de SO_2 en 1980, elle n'en n'émettait plus que 146 000 tonnes en 1990. Rappelons que son allocation était alors de 276 000 tonnes. Quant à l'usine de Murdochville, ses émissions étaient de 90 000 tonnes en 1980 et de 42 600 tonnes en 1990, soit 34 p. cent de moins que son allocation de 65 000 tonnes.

D'autres secteurs ont aussi contribué de façon positive au progrès accompli depuis 1980. Ainsi, le secteur métallurgique, particulièrement les alumineries, a permis un gain additionnel de près de 16 000 tonnes comparativement au seuil fixé.

Ces divers gains ont permis de compenser largement la non-atteinte de l'objectif fixé pour les secteurs pâtes et papiers. Cet excédent de 4 800 tonnes (14 400 par rapport à 9 600 tonnes), s'explique par certains retards et des modifications dans le programme d'assainissement et de modernisation de quelques usines. Cette situation devrait être corrigée dès 1992; et même on espère atteindre un niveau inférieur au seuil fixé.

Le tableau 4 illustre l'évolution des émissions de SO_2 entre 1980 et 1990. On constate une diminution graduelle et relativement continue des émissions au cours de cette période. Cependant, ce mouvement s'est accéléré au cours de 1989 et 1990; années où les dispositions réglementaires s'appliquant à l'usine Horne entraient en vigueur.

À l'examen des données, le bilan des diminutions se présente comme suit: 70 p. 100 des émissions des fonderies de première fusion de cuivre, 60 p. 100 des émissions dûe à l'utilisation des combustibles et 35 p. 100 des émissions reliées à divers procédés industriels.

Tableau 4: Évolution des émissions québécoises de SO_2

1980 - 1990

(kilotonnes)

QUÉBEC	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Fonderie de métaux non-ferreux	642	607	605	490	500	480	404	455	478	340	189
Utilisation de combustibles	307	220	176	133	143	125	124	93	115	147	121
Autres procédés industriels	136	125	105	115	101	90	88	105	123	100	86
TOTAL	1 085	952	886	738	744	695	615	650	720	587	396

De façon sommaire, les principales mesures responsables de ces diminutions sont:

- le respect des règlements;

- le remplacement du mazout lourd par le gaz naturel ou par d'autres combustibles à faible teneur en soufre;

- des mesures de conservation d'énergie;

- des limites plus sévères quant à la teneur en soufre du mazout lourd;

- l'utilisation de coke à plus faible teneur en soufre par les alumineries;

- diverses améliorations ou modernisations apportées à divers procédés industriels;

- certains engagements volontaires pris par Minéraux Noranda inc.;

- la modernisation et les programmes d'assainissement dans l'industrie des pâtes et papiers.

Ces diminutions ont été obtenues parallèlement à la croissance industrielle au cours de cette décennie qui s'est traduite, entre autres, par des augmentations de la capacité de production de 64 p. 100 pour les alumineries et plus de 25 p. 100 dans les pâtes et papiers.

Je crois opportun de souligner, qu'entre 1970 et 1990, les émissions québécoises de dioxyde de soufre sont passés de plus de 1,5 million de tonnes à 396 000 tonnes, soit une diminution de 74 p. 100.

5- Les perspectives d'ici l'an 2000

Dans l'actuel contexte de ralentissement économique, les émissions devraient être comparables et même inférieures à l'année 1990 au cours de la période 1991 et 1992.

Ultérieurement, le Québec ne devrait éprouver aucun problème à respecter la limite de 500 000 tonnes d'émissions. Cette évaluation tient compte des facteurs susceptibles d'influencer les émissions de SO_2 à la hausse au cours de la prochaine décennie.

Ainsi, à la suite de l'entrée en fonction des nouvelles alumineries et des expansions réalisées dans certaines alumineries existantes, la production devrait connaître une hausse de plus de 75 p. 100 d'ici l'an 2000. Dans le secteur des pâtes et papiers, l'augmentation prévue au cours de la prochaine décennie s'établiraient à environ 10 p. 100. À l'examen de l'évolution passée, dans le secteur des raffineries de pétrole, du taux d'utilisation des équipements de plus de 95 p. 100 en 1990 et de la faible probabilité d'augmentation de la capacité actuelle de 328 000 barils par jour, les émissions attribuables à ce secteur devraient demeurer sensiblement les mêmes. Quant à l'utilisation des combustibles fossiles, certaines projections indiquent une augmentation de 25 p. 100; cette augmentation se ferait en grande partie à l'avantage du gaz naturel, la consommation de mazout lourd demeurant relativement constante par rapport à l'année 1990. Dépendant de l'importance que pourra prendre la filière cogénération dans la production d'électricité au cours de la prochaine décennie, l'augmentation des émissions de SO_2 à survenir d'ici l'an 2000 pourrait provenir largement des combustibles fossiles.

À l'examen de l'ensemble de ces facteurs, on estime que les émissions de SO_2 pourraient s'accroître tout au plus d'une vingtaine à une cinquantaine de milliers de tonnes.

Cependant, je m'en voudrais de passer sous silence qu'au cours de cette période, on devrait pouvoir compter sur une réduction additionnelle de 100 000 tonnes. Cela s'explique par l'engagement de Minéraux Noranda inc., pris le 14 mai 1991, d'améliorer sa performance environnementale à son usine Horne en accroissant à 90 p. 100 et plus la réduction de ses émissions de SO_2 d'ici l'an 2000, dépassant largement les exigences gouvernementales actuelles.

La réalisation de cet engagement devrait permettre au Québec non seulement de réaliser son objectif de 500 000 tonnes mais probablement de maintenir le taux de ses émissions à un niveau qui s'apparente à celui obtenu en 1990.

6- Conclusion

L'examen de la situation qui prévalait au Québec en 1980 en regard des émissions de SO_2 par rapport à celle qui existe présentement, nous permet de constater les progrès considérables accomplis depuis 10 ans par le Québec dans la lutte contre les précipitations acides. Le Québec se situe certes dans le peloton de tête en matière de réduction de SO_2 tant sur la scène canadienne qu'américaine et même par rapport aux pays européens.

Les mesures prises constituent d'excellents exemples de solutions qui sont le fruit de la volonté et de la détermination du gouvernement québécois à contribuer à la solution de ce problème.

Il y a lieu aussi de reconnaître les efforts réalisés par les divers secteurs industriels, notamment les engagements additionnels pris par Minéraux Noranda inc. lesquels excèdent les exigences fixées à ce jour par le gouvernement. D'autre part, il faut souligner l'intérêt et l'appui

constant que le public a manifesté en matières de précipitations acides, ce qui a certes aidé à soutenir et même à aiguillonner l'action gouvernementale et a contribué à maintenir une saine pression sur les entreprises.

Ces actions conjuguées ont eu une certaine influence sur l'évolution de ce dossier non seulement au Québec mais sur la scène nord-américaine. De sorte qu'aujourd'hui on estime que les mesures et les engagements pris tant du côté canadien qu'américain permettent de solutionner ce problème qui touche tout le nord-est de l'Amérique du Nord.

Il aura fallu plus de dix ans avant de voir du côté américain l'adoption de mesures de lutte contre les précipitations acides. Il faudra certainement attendre un autre dix ans avant de percevoir les bénéfices environnementaux découlant de ces mesures puisque ces dernières doivent s'échelonner jusqu'à l'an 2000. De plus, les bénéfices que peut espérer le Québec sont fortement liés à l'importance des réductions à survenir dans quelques États clés.

À ce sujet, nous sommes préoccupés par le programme de droit d'échange d'émissions (emission trading program) qui introduit un élément de flexibilité et qui est susceptible d'avoir une influence majeure quant aux établissements où les réductions prévues seront réalisées. Comme le faisait valoir récemment le Gouverneur Cuomo dans une lettre à l'Administrateur de l'EPA, monsieur Reilly, il est concevable que des installations, dont l'influence est négligeable ou nulle en terme d'apports acides dans le Nord-Est américain, puissent mettre à profit cette disposition pour vendre, à des installations importantes en termes d'émissions de SO_2 de la Vallée de l'Ohio, les crédits de réduction d'émission acquis suite à certaines mesures. En faisant une telle acquisition, des installations de la Vallée de l'Ohio pourraient éviter la mise en place de contrôle, atténuant considérablement les bénéfices environnementaux potentiels dans le Nord-Est de l'Amérique. L'application inconsidérée de cette disposi-

tion du droit d'échange d'émissions pourrait signifier en pratique le maintien de la situation actuelle.

Nous osons espérer qu'une attention particulière sera accordée à cette question par l'EPA et le gouvernement américain lors de la mise en place des mesures prévues, de façon à ce que les bénéfices environnementaux escomptés par le Québec découlant de la loi américaine puissent se concrétiser.

MINÉRAUX NORANDA INC.

DIVISION HORNE

SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT, SANTÉ ET PRÉVENTION

Notes d'allocution de M. Jacques Moulins ayant trait à la réduction des émissions de la fonderie Horne, Rouyn-Noranda, Québec

Présenté dans le cadre du
Colloque sur les précipitations acides
et sur la pollution par l'ozone (smog)

Hôtel Reine Elizabeth, Montréal
le 4 novembre 1991

1. L'USINE DE 1980

- L'usine a une capacité de l'ordre de 1 000 000 tpa.
- Concentré typique: 25 % Cu, 32 % S, 25 % Fe, 12 % SiO_2.
- Arrivage des concentrés par camions ou wagons, dégel des wagons en hiver, échantillonnage, entreposage.
- 2 principaux vaisseaux de fonte: four à réverbère et réacteur Noranda.
  - four à réverbère:
    - technologie traditionnelle qui devient économique à environ 220 000 tpa de concentrés;
    - fonte seulement, pas d'oxydation;
    - gaz faible en SO_2 : 1,5 à 2%;
    - vieux système d'épuration des gaz.
  - Réacteur:
    - technologie du début des années 1970;
    - taux de fonte instantanée élevée jusqu'à 2 700 tpj (1991)
    - fonte et oxydation (via tuyères);
    - opère à un niveau d'environ 65 % Cu dans la matte;
    - gaz contient entre 6 et 11% SO_2; moyenne d'environ 8 %;
    - système d'épuration récent.
- 5 convertisseurs Peirce-Smith mais opération avec 4 convertisseurs chauds.
  - mélange matte du réacteur (65 % Cu) et matte du réverbère (35 % Cu)
- 3 fours à anodes pour étape finale d'affinage; le cuivre passe de 98 % à > 99 % pur.
- Scorie du réacteur (5 % Cu) refroidie, concassée, broyée et traitée hydrométallurgiquement pour refaire un concentré de scorie à 35% Cu qui est utilisé comme alimentation au réacteur.
- Scorie des convertisseurs recyclée au four à réverbère.

- Scorie du four à réverbère non recyclée.

- Un Système de contrôle intermittent (SCI) existe et agit sur les émissions de SO_2 du réacteur et des convertisseurs, afin de respecter les normes au niveau du sol. Peu d'interaction avec four à réverbère, temps de réponse trop lent.

2. OBJECTIFS POLITIQUES DES ANNÉES 1980

- Gouvernement fédéral

  - en 1980 objectif de réduire de 50% les émissions de SO_2 avant 1995.

- Gouvernement provincial (Québec)

  - objectif de réduire de 45% les émissions de SO_2 en 1990.

  - Règlement adopté en 1985. Stratégie en deux phases: 35% réduction en 1989, 50% réduction en 1990 par le biais d'une usine d'acide sulfurique.

- Les objectifs des deux gouvernements sont basés sur les émissions de 1980 qui constitue l'année référence. Les émissions de SO_2 pour la fonderie Horne était de 552 000 t en 1980.

- De l'été 1987 à l'automne 1989 design et construction d'une usine d'acide sulfurique pour traiter le gaz du réacteur Noranda. Mise en opération en décembre 1989.

3. L'USINE DE 1990

- Réception et manutention du concentré reste identique.

- Fermeture temporaire du four à réverbère en septembre 1989 pour rencontrer l'objectif de réduction de 35 %.

- Réacteur opère à un niveau de matte d'environ 65 à 73 % Cu.

- Convertisseurs: 3 convertisseurs chauds, 1 convertisseur froid (entretien), 1 convertisseur froid (fermé temporairement)

- 3 fours à anodes

- Usine d'acide sulfurique:
  - divisée en trois sections majeures: nettoyage des gaz, contact, conversion-absorption.
  - Nettoyage des gaz
    - Gaz du réacteur canalisé vers l'usine d'acide après avoir été refroidi (350°C) et traité par un électrofiltre (trois chambres) déjà existant.
    - Gaz dirigé vers deux tours: une de lavage (T° ~ 75°C), une de rétention (6 secondes) (condensation de la phase gazeuse de certains métaux (enlève particules >3 microns environ)).
    - Suit un épurateur venturi et séparateurs cycloniques pour s'assurer de la capture de composés tels le Zn et l'As dans le gaz (enlève particules >1 micron environ).
    - Suit une première passe de 5 condenseurs parallèles et 5 électrofiltres pour gaz humide (T°~42°C).
    - Suit une deuxième passe de 5 condenseurs paralèlles et 5 électrofiltres pour gaz humide (T°~30°C) (enlève particules >.01 micron environ).
    - Suit, en option, une tour à mercure (chlorure mercurique).
    - ∴ Ces étapes de nettoyage des gaz métallurgiques sont essentielles à la fabrication d'un acide sulfurique de haute qualité.
  - Contact
    - Suit une tour de séchage où le gaz va à contre-courant d'un débit d'acide sulfurique au travers d'un lit de céramique.
    - Le gaz est maintenant propre et sec. Il est poussé par un souffleur (12 000 HP) vers les autres canalisations et équipements de l'usine d'acide.
  - Conversion-absorption
    - Échangeurs de chaleur pour chauffer le gaz à ~415°C. Utilise généralement la chaleur dégagée par la réaction exothermique de la conversion.
    - Conversion SO_2 à SO_3 via catalyste à trois lits de V_2O_5 (réaction exothermique).

- Tour de refroidissement et absorption du SO_3 par contre-courant H_2SO_4 (98,5%). De l'eau est ajoutée pour contrôler la concentration.

- Le gaz de fin de procédé (N, CO_2, O_2, SO_2) est évacué par une cheminée de 120m.

- L'acide produit (93 % et 96 %) est canalisé à un réservoir de transfert puis ensuite pompé vers des réservoirs de mélange et d'entreposage. Présence de 10 réservoirs d'entreposage; capacité totale de 80 000 t.

- La mise en opération d'une usine de cette ampleur (180 000 Nm^3/h de gaz) comporte toujours certains aléas. Nous n'avons pas fait exception et les principaux problèmes rencontrés sont les suivants:

  - Bris d'un échangeur de chaleur. A été remplacé (1 MM$, équipement seulement).

  - Travaux sur distribution du gaz dans tour d'absorption pour mieux traiter le SO_3.

  - Bris sur isolateurs des électrofiltres; condensation lors de températures froides (arrêt-départ).

  - Fuites au niveau des guillotines.

∴ Il ne faut pas oublier que le smeltage du cuivre est une operation qui n'est pas en continu.

4. L'INJECTION DE CONCENTRÉ

- Le but visé est de substituer la capacité de production du four à réverbère par un procédé plus souple et moins coûteux qui offre une meilleure gestion pour la réduction des émissions de SO_2.

- Quatre convertisseurs peuvent être injectés de concentrés mais présentement un seul à la fois.

- Le procédé d'injection de concentrés peut se décortiquer en 4 grands segments: séchoir, séparateur air-concentré, entreposage, système d'injection.

  - Séchoir à lit fluidisé:

    Le concentré humide est alimenté par le haut, séché et est évacué par une conduite prévue à cet effet.

- Séparateur air-concentré:

  Il s'agit d'un épurateur à 900 sacs dont le but est de recueillir le concentré sec et évacuer l'air chaud (qui est recirculé en partie).

- Entreposage:

  Dans un silo de 150 t puis vers deux silos pressurisés de 20 t chacun. Le soufflage se fait par alternance (150 psig; capacité ~35 tph).

- Système d'injection:

  Canalisation de transport pneumatique du concentré sec et injection via les tuyères des convertisseurs directement dans le bain métallique.

- Le procédé d'injection de concentré peut être parti en deçà d'une heure et peut être arrêté presque instantanément.

- Gestion des émissions:

  - Le four à réverbère fondait environ 220 000 tpa de concentré. L'injection a une capacité d'environ 150 000 tpa. Le 70 000 tpa restant est dirigé vers le réacteur où les gaz sont traités. Lorsque possible, le concentré plus faible en S est utilisé au niveau de l'injection.

    Le contrôle des éléments mineurs (ex. Bi) nécessite une température plus haute et un temps de soufflage plus long.

5. RÉSULTATS

- Figure 1

  - Présente la réduction des émissions d'anhydride sulfureux de 1965 à 1990.

  - 1965: émission de l'ordre de 700 000 t

  - 1980: émission de 552 000 t

  - 1990: émission de l'ordre de 150 000 (146 000)

  ∴ Avec usine d'acide et injection de concentré, les émissions de SO_2 visées sont de l'ordre de 170 000 tpa (166 000).

- Figure 2

  - Présente le tonnage alimenté* de 1965 à 1990:

  - 1965: 860 000 t d'alimentation

  - 1980: 784 000 t d'alimentation

  - 1990: 647 000 t d'alimentation

  * N'inclut pas les métaux à recycler au niveau des convertisseurs, environ 15 000 à 20 000 tpa, surtout depuis le début des années 1980.

    b) alimentation 1973: 958 000

       alimentation 1974: 969 600

    c) plan 1991 : 700 000
       plan 1992 : 720 000
       plan 1993-94 : 730 000

  - Tonnage de métaux à recycler

    - Contient peu ou pas de soufre

    - Alimenté au réacteur sauf cuivre N° 2 aux convertisseurs

- Figure 3

  - graphique qui compare le tonnage de concentré fondu avec les émissions de SO_2. Les émissions de SO_2 ont réduit de 80 % par rapport à 1965.

- Figure 4

  - Réduction dans les émissions de poussières:

    - 1965: 9 600 tpa d'émission de poussières

    - 1980: 7 200 tpa d'émission de poussières

    - 1990: 1 100 tpa d'émission de poussières

* émission 1973 : 14 000) problèmes majeurs avec électro-
  émission 1974 : 14 150) filtres des réverbères

5. PERSPECTIVE D'AVENIR

- La fonderie Horne qui fut mise en opération en 1927 a malgré tout évoluée tant sur le plan des procédés métallurgiques que sur le plan de l'assainissement.

- En mai 1991, nous annoncions publiquement qu'une étude était mise sur pied en collaboration avec le Centre de technologie Noranda de Pointe Claire, en vue de viser un objectif de réduction des émissions de l'ordre de 90 % (base 1980) d'ici la fin de la décennie.

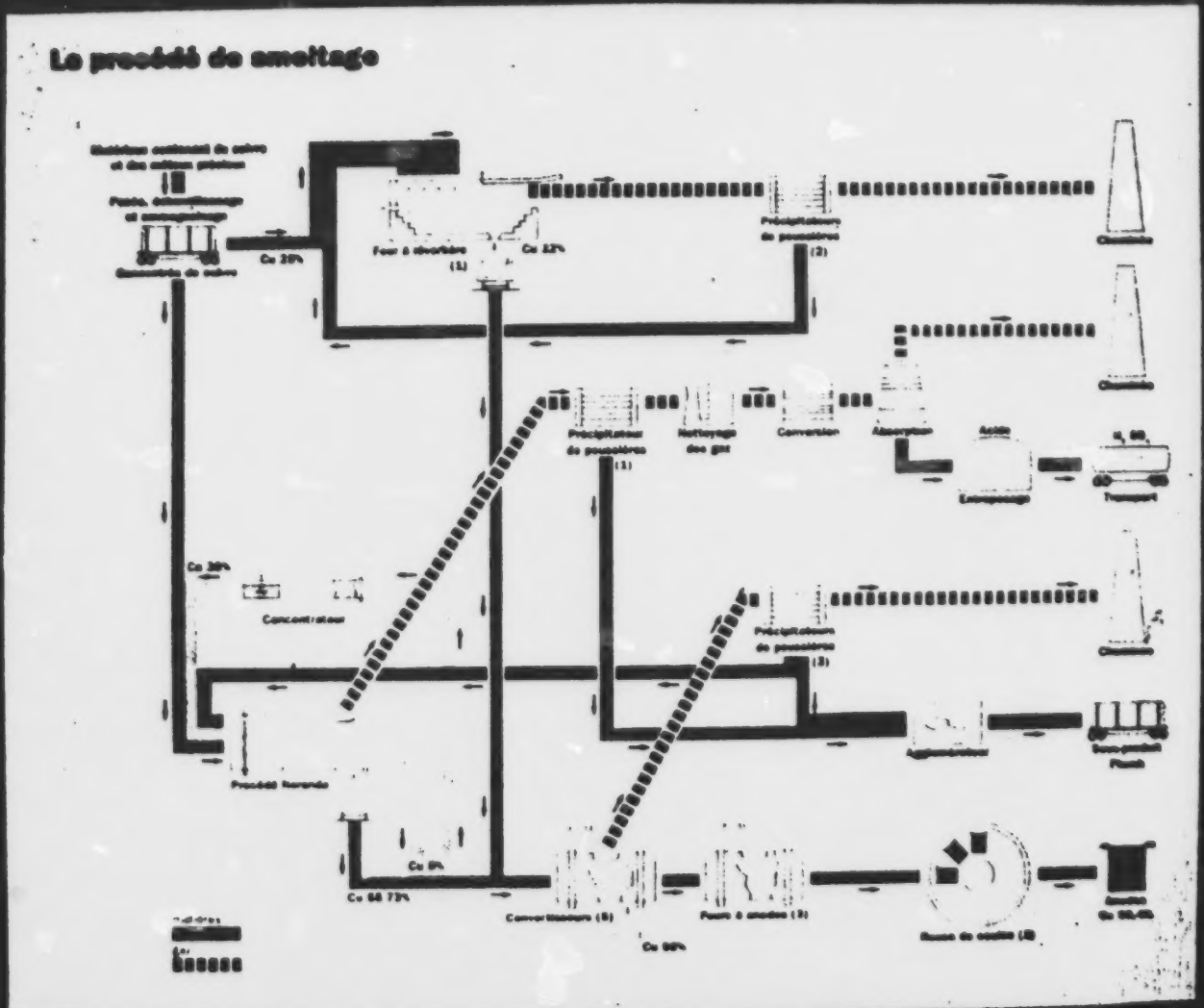
- Cette étude, qui jettera les bases de notre stratégie, devrait être complétée en 1992.

- Parallèlement, nous participons à un projet pilote dans le cadre du Programme de réduction des rejets industriels en collaboration avec le Menviq.

- Nous sommes d'avis qu'une attitude pro-active en environnement est la voie de l'avenir dans le domaine des ressources naturelles.

SCHÉMAS, FIGURES ET PHOTOGRAPHIES PRÉSENTÉS LORS DE L'ALLOCUTION

Le procédé de smeltage



NETTOYAGE DES GAZ

TOUR DE LAVAGE

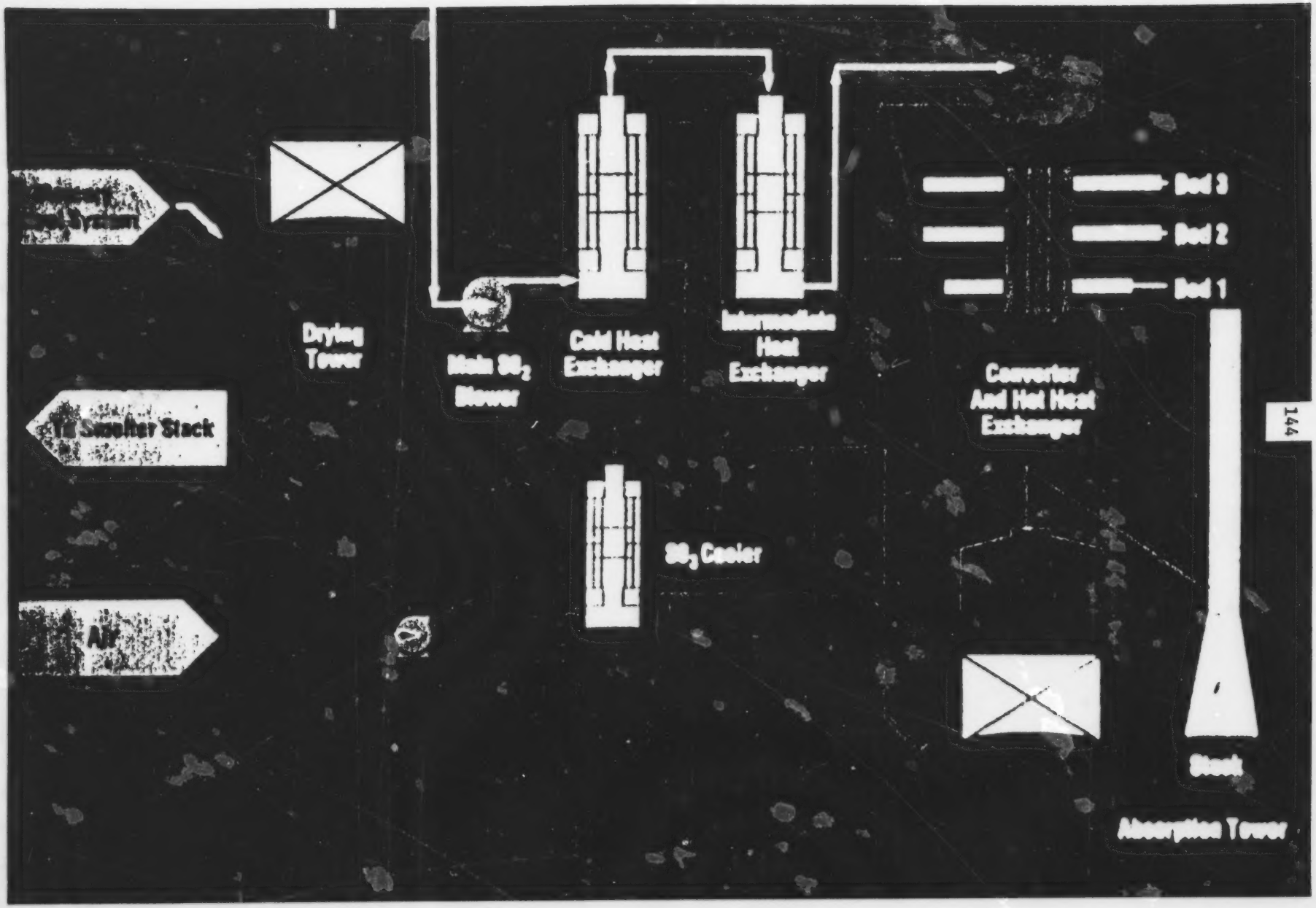
ÉPURATEUR VENTURI

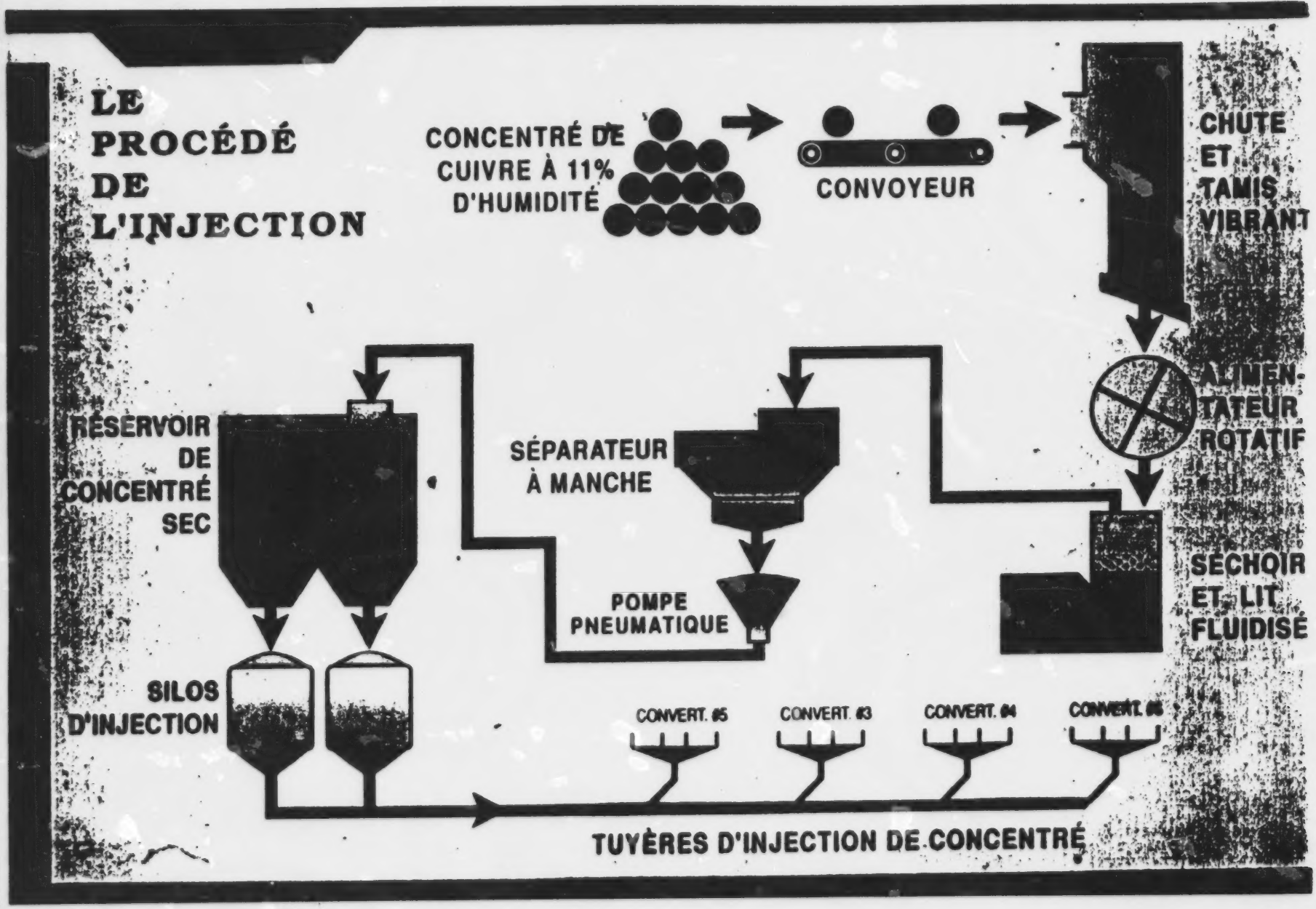
SÉPARATEUR CYCLONIQUE

CONDENSEURS

PRÉCIPITATEURS DE BROUILLARD

TOUR DE RÉTENTION


Bed 3
Bed 2
Bed 1
Drying Tower
Main SO_2 Blower
Cold Heat Exchanger
Intermediate Heat Exchanger
Converter And Hot Heat Exchanger
SO_3 Cooler
Air
Stack
Absorption Tower


LE PROCÉDÉ DE L'INJECTION
CONCENTRÉ DE CUIVRE À 11% D'HUMIDITÉ
CONVOYEUR
CHUTE ET TAMIS VIBRANT
ALIMENTATEUR ROTATIF
RÉSERVOIR DE CONCENTRÉ SEC
SÉPARATEUR À MANCHE
POMPE PNEUMATIQUE
SÉCHOIR ET LIT FLUIDISÉ
SILOS D'INJECTION
CONVERT. #5
CONVERT. #3
CONVERT. #4
CONVERT. #6
TUYÈRES D'INJECTION DE CONCENTRÉ

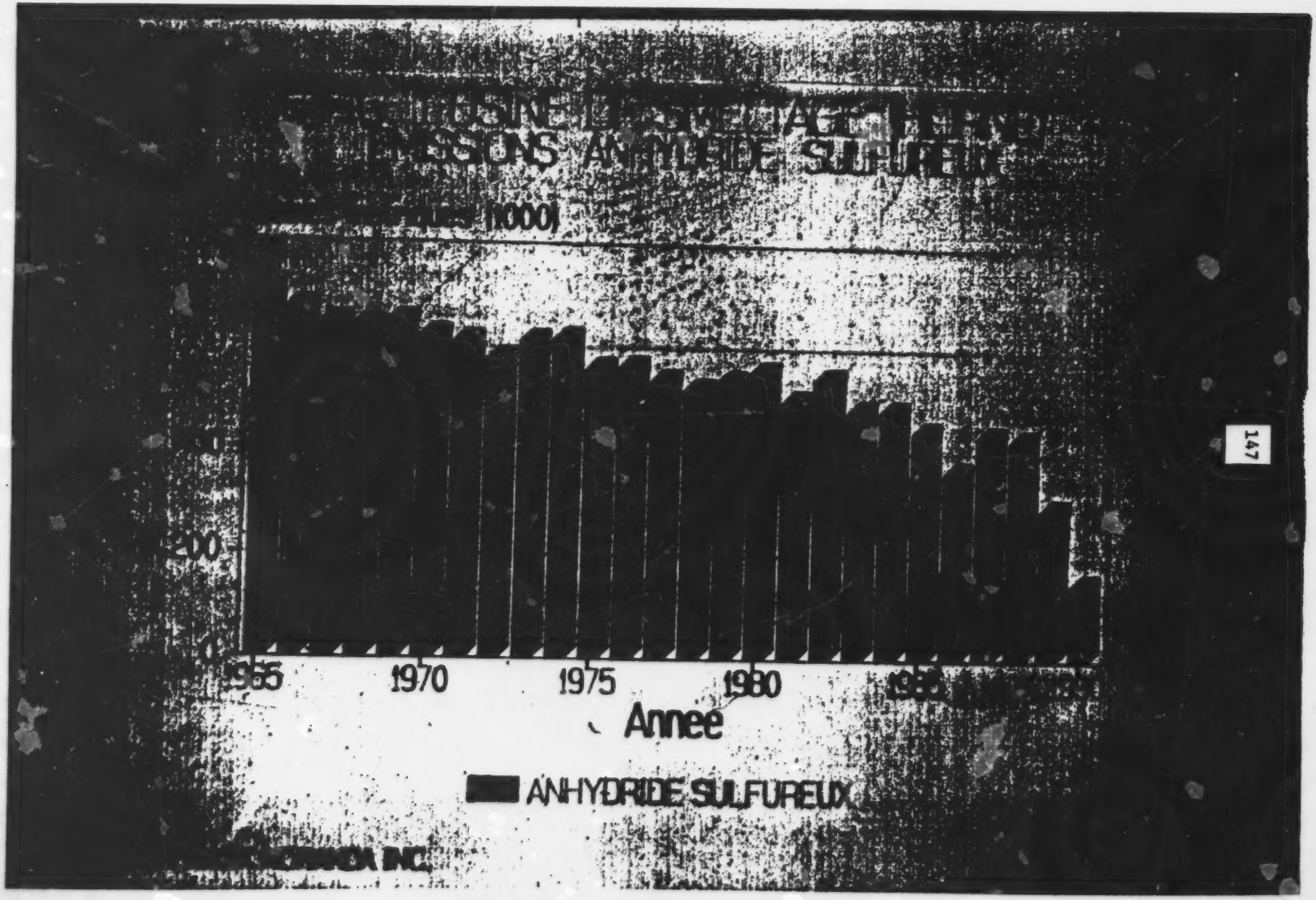
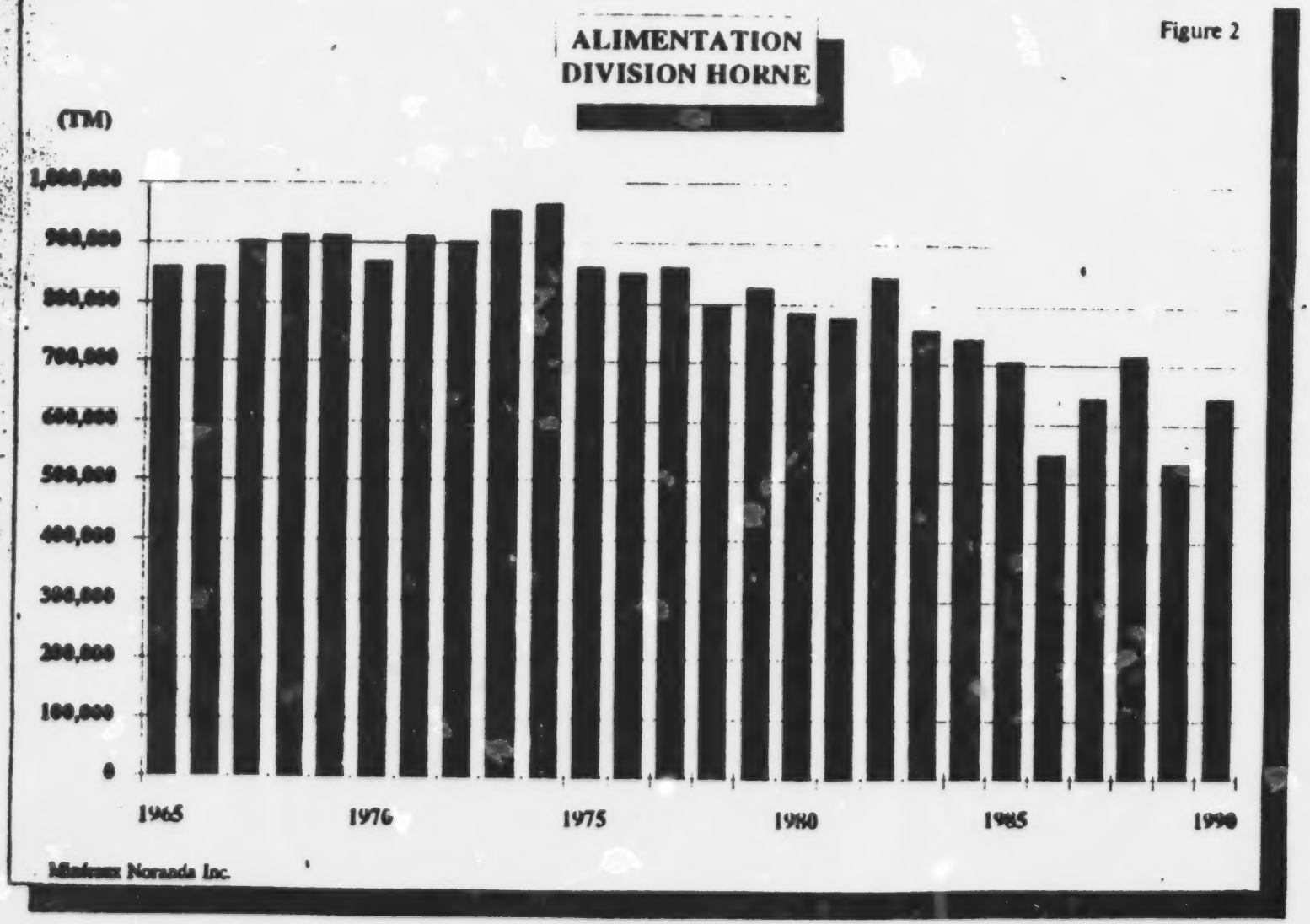

SIONS ANNUELLE DE SULFITE
(1000)
1965
1970
1975
1980
Annee
ANHYDRIDE SULFUREUX

Figure 2


ALIMENTATION
DIVISION HORNE
(TM)
1,000,000
900,000
800,000
700,000
600,000
500,000
400,000
300,000
200,000
100,000
0
1965
1970
1975
1980
1985
1990
Minérama Noranda Inc.

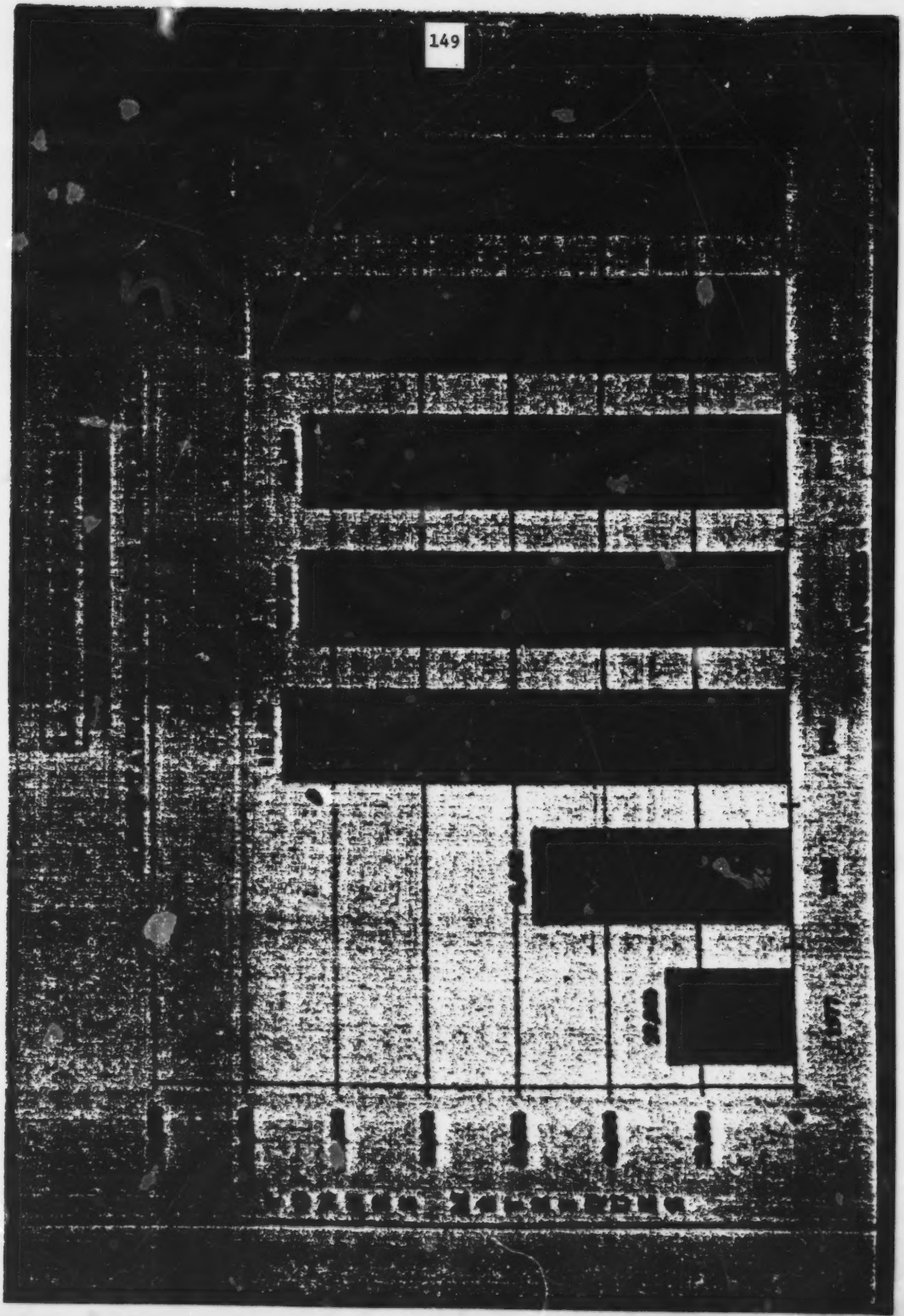
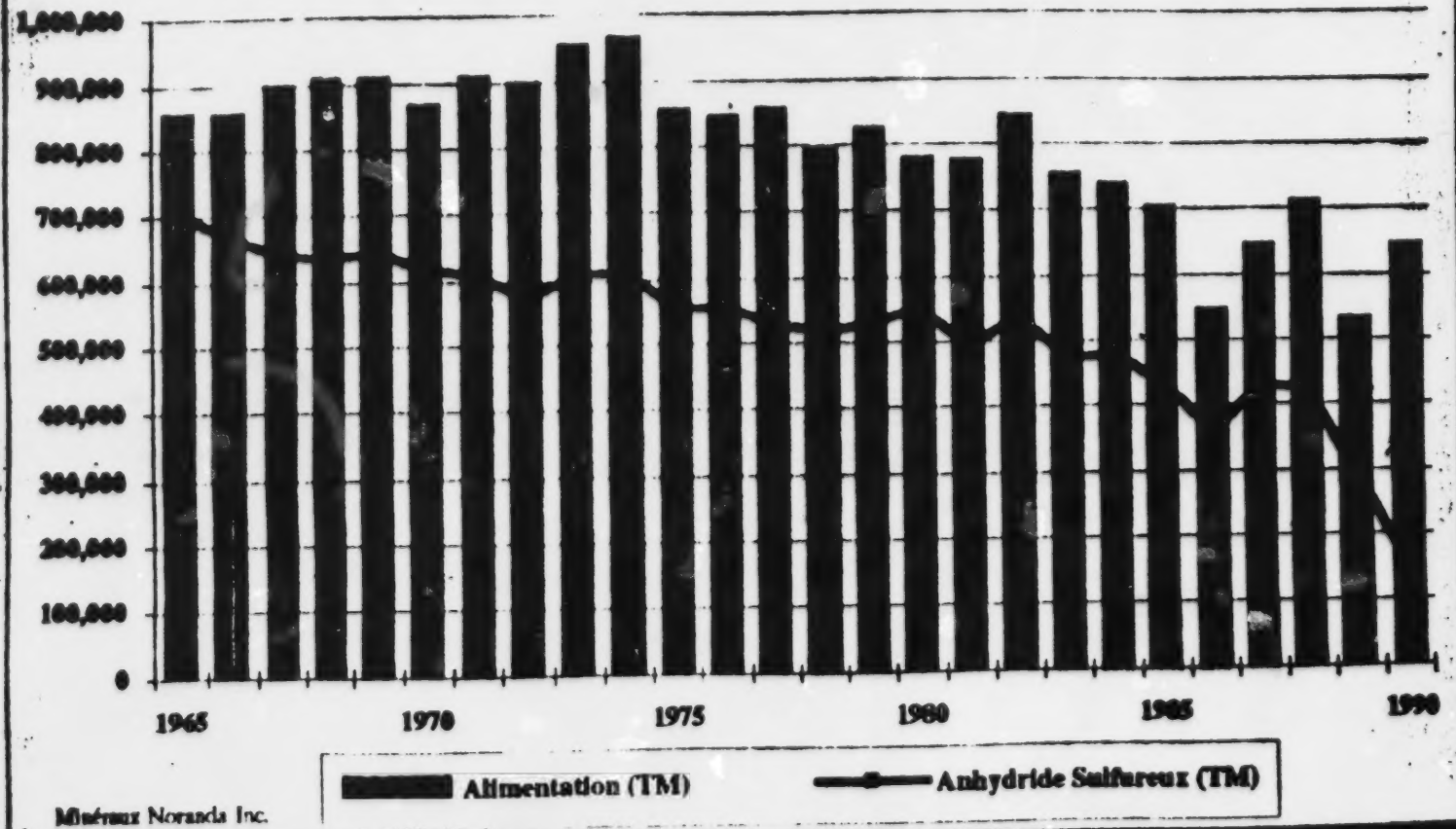


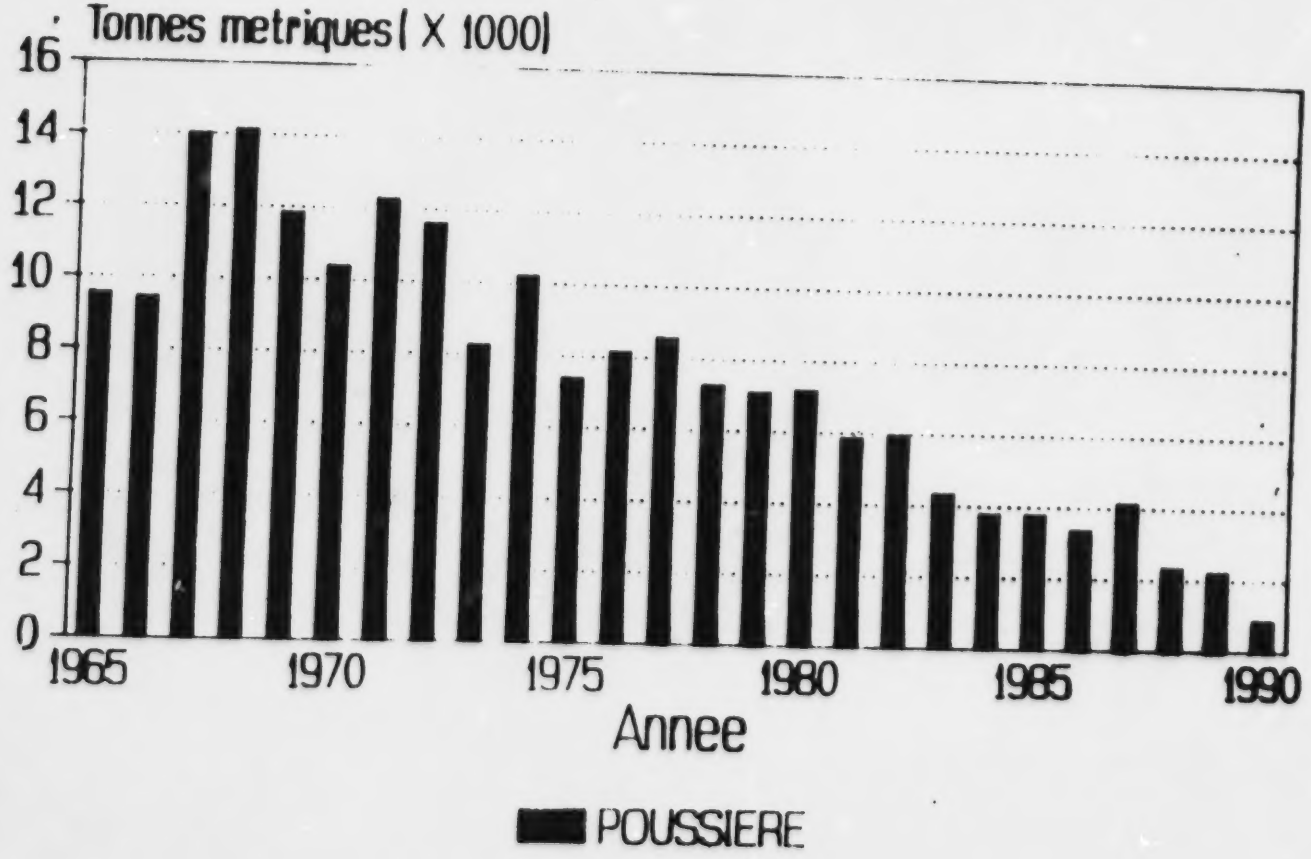
Figure 3

ÉMISSION — PRODUCTION
DIVISION HORNE

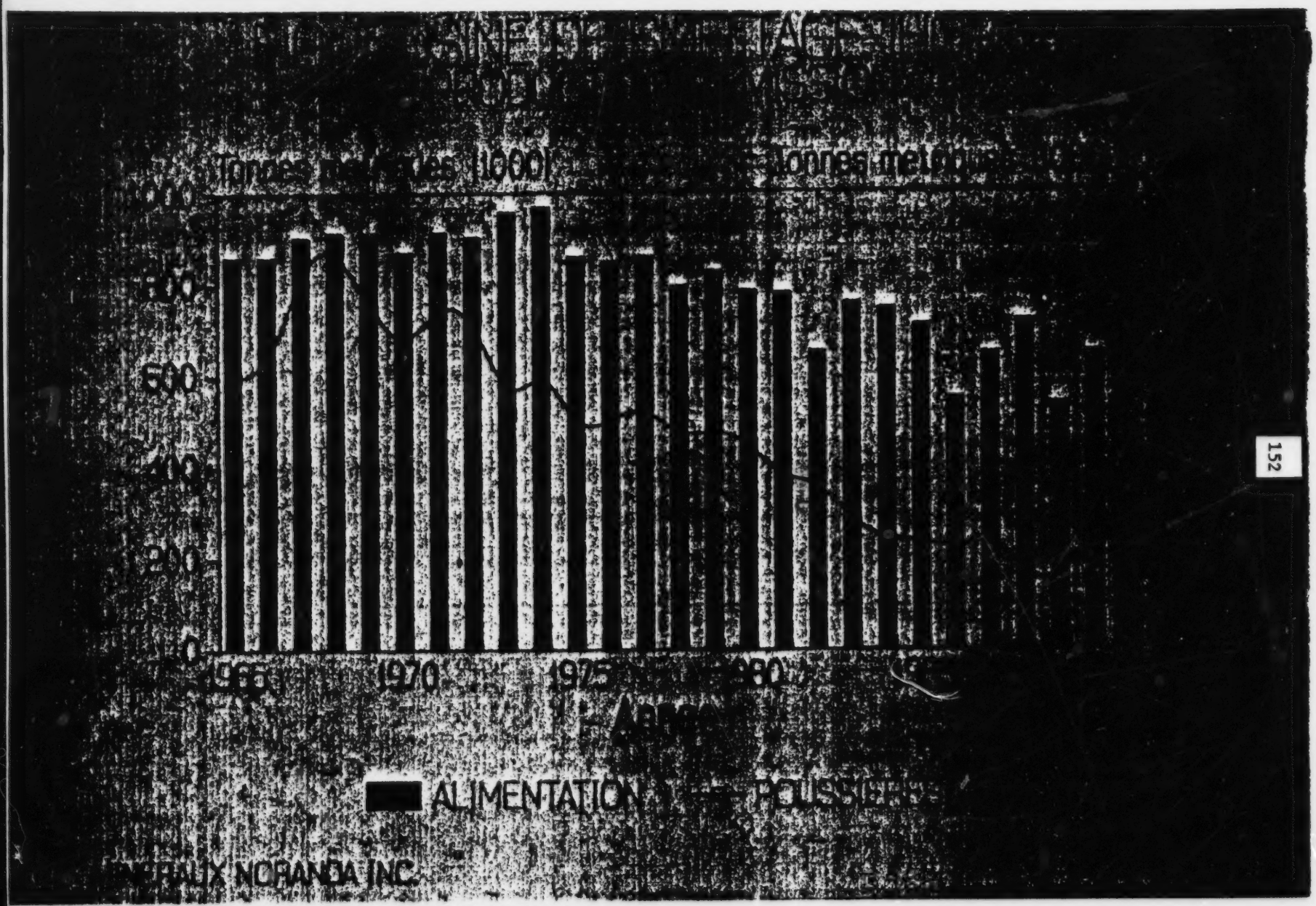


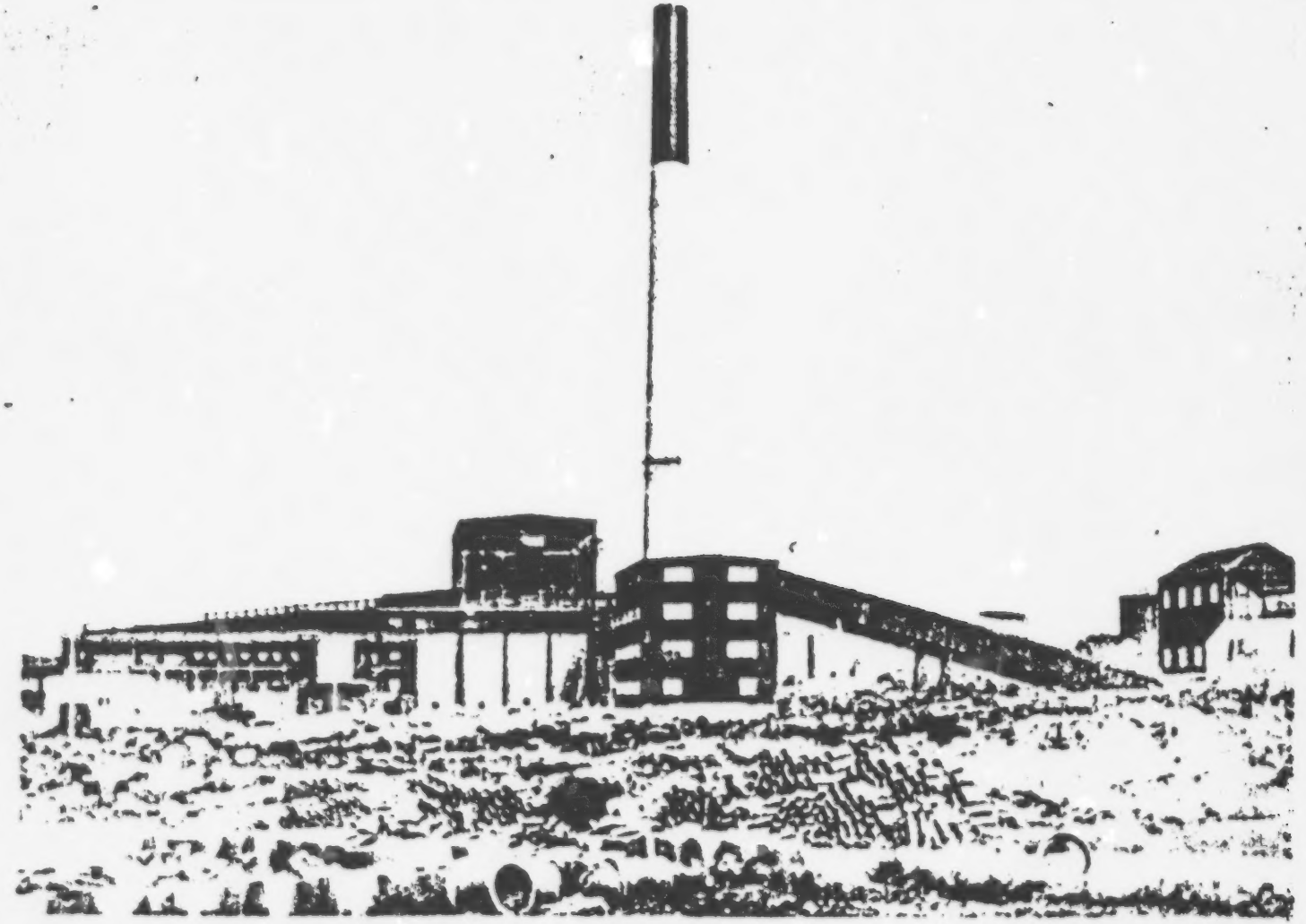
Mines Noranda Inc.

JSINE DE SMELTAGE DE NORANDA
FIG. 4 EMISSIONS DE POUSSIERES



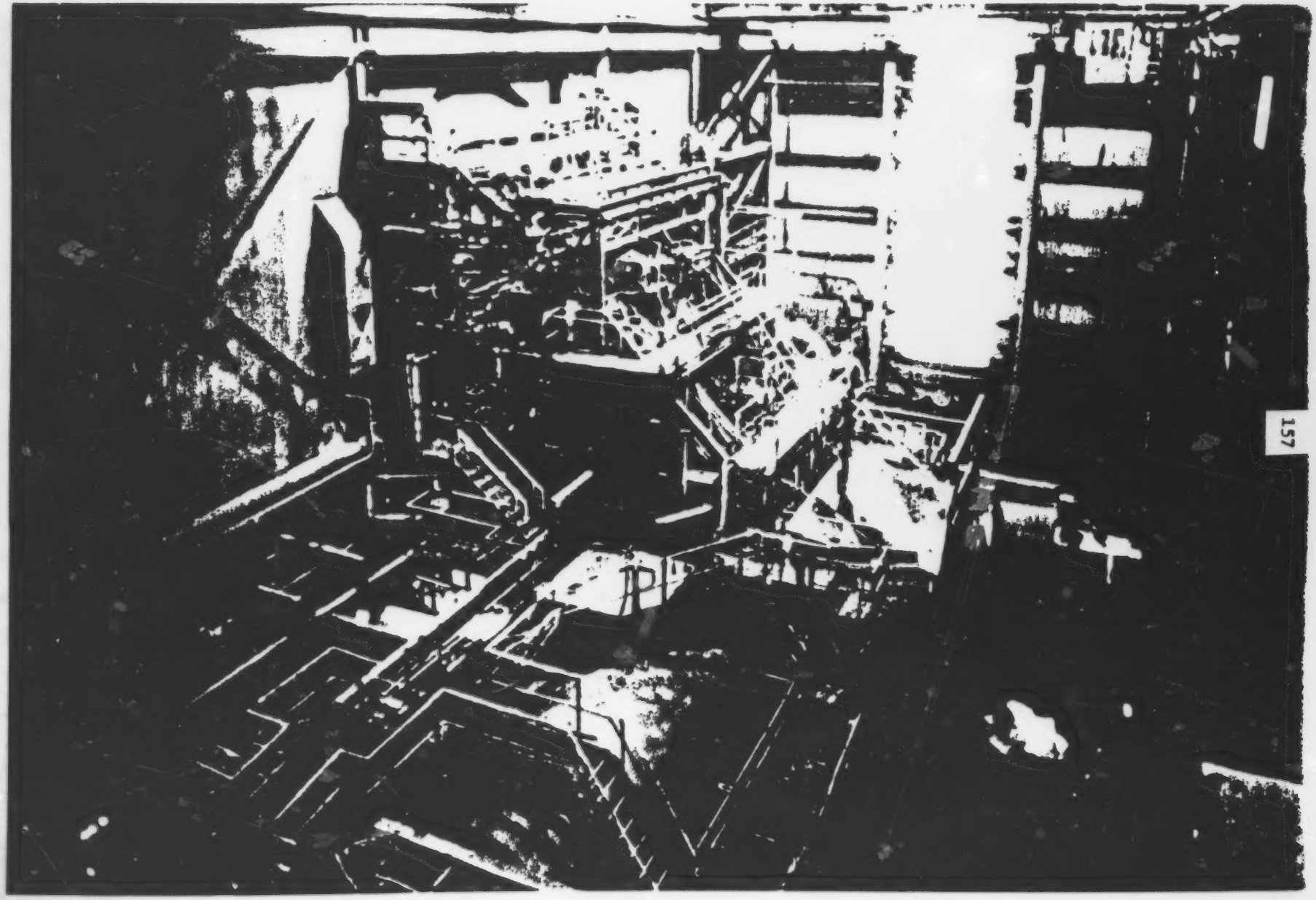
Mineraux Noranda Division Horne

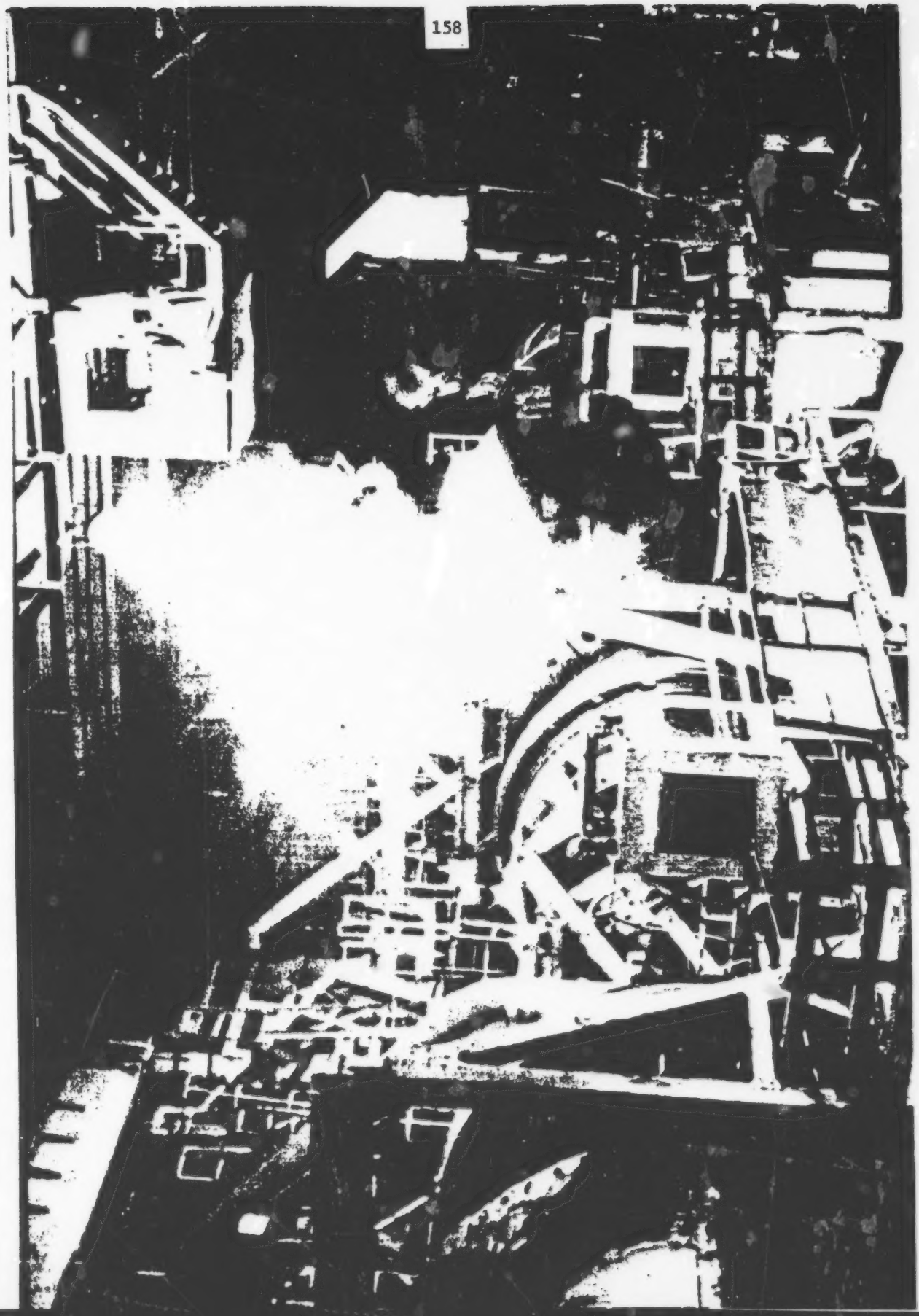

1970
1975
ALIMENTATION
Falconbridge
NORANDA INC.

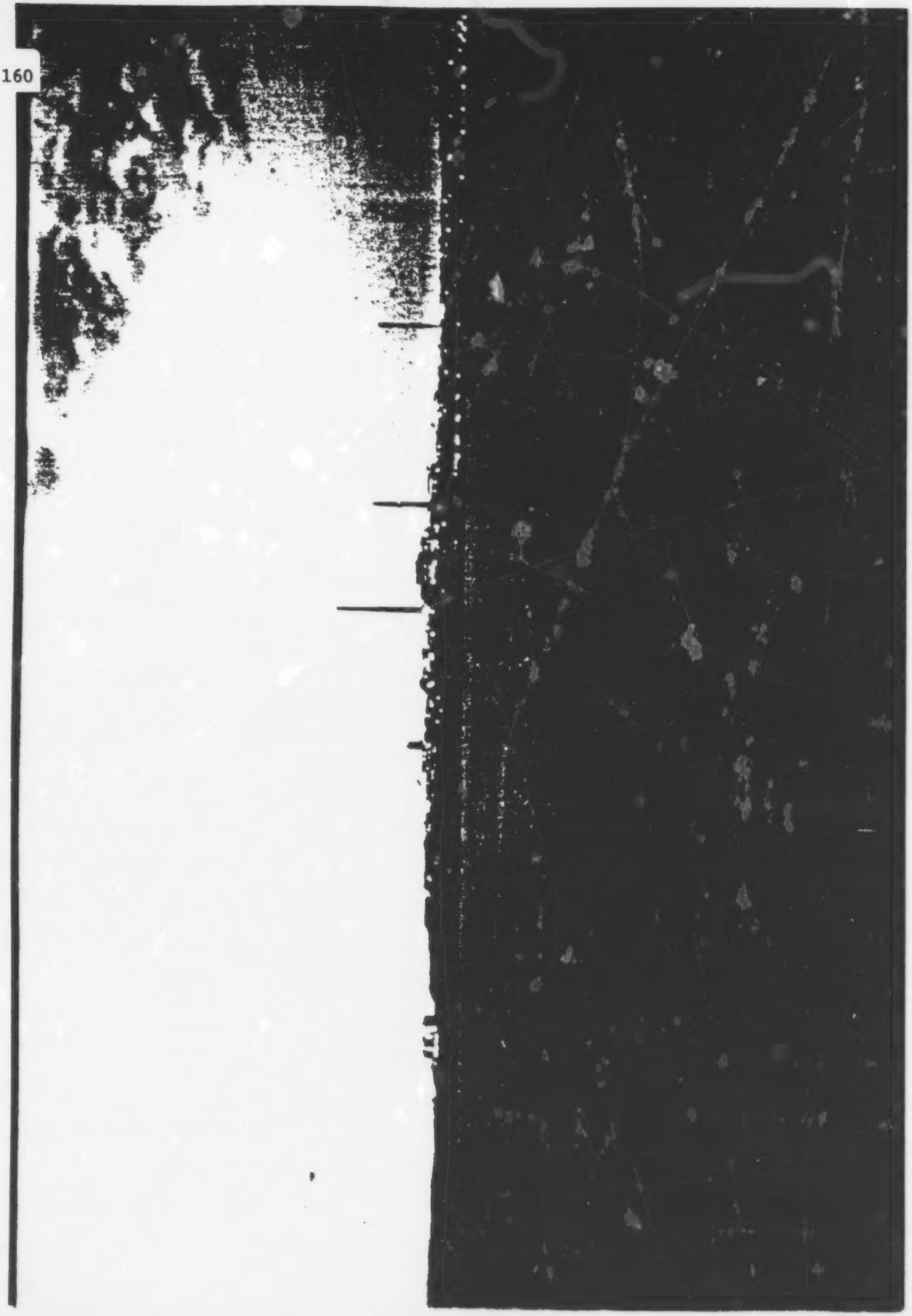


LA FONDERIE SMELTER CONSTRUCTION

LINER NORMANDIE ROLLS OVER







COLLOQUE SUR LES PRÉCIPITATIONS ACIDES
ET SUR LA POLLUTION PAR L'OZONE

L'ÉVEIL DES PRODUCTEURS ET PRODUCTRICES AGRICOLES AUX PLUIES ACIDES

INTRODUCTION

Bonjour mesdames, messieurs,

Dans un premier temps, je souhaiterais remercier les organisateurs de ce colloque pour m'avoir invité à exprimer les préoccupations des producteurs et productrices agricoles du Québec au sujet du problème des pluies acides et de la pollution atmosphérique.

L'Union des producteurs agricoles (UPA) est l'organisme officiel représentant les 47 000 producteurs et productrices agricoles du Québec. L'UPA est structurée en regroupements régionaux (16 fédérations régionales) et en regroupements de production spécialisées (17 fédérations spécialisées). La Fédération des producteurs et productrices acéricoles qui compte 10 000 membres est affiliée à l'UPA de même que la Fédération des producteurs de bois qui représente 120 000 producteurs de bois et propriétaires de boisés du Québec.

Permettez-moi de vous rappeler les événements qui ont amené les producteurs et productrices agricoles à se préoccuper du problème des pluies acides et du transport des polluants atmosphériques à longue distance. C'est vers la fin des années 70 que les producteurs acéricoles ont été éveillés à un problème auquel il n'avait jamais eu à faire face dans le passé. En effet, les signes de dépérissement des érablières ont été signalés pour la première fois dans la région de la Beauce en 1978. Depuis plusieurs années, les producteurs observaient dans leurs érablières les signes suivants : diminution de la vigueur des arbres, croissance réduite des feuilles, défoliation dans la cime des arbres, lenteur de la cicatrisation des entailles, jaunissement prématuré des feuilles, diminution de la croissance radiale et, dans les cas extrêmes, décollement de l'écorce et pourrissement.

Ces observations ont été signalées aux autorités des ministères de l'Agriculture et des Forêts afin de connaître les raisons qui pourraient expliquer un tel phénomène. Au début, on a cru qu'il s'agissait d'un phénomène localisé ou passager, mais l'inquiétude s'est vite installée lorsqu'on a constaté au début des années 80 que le problème du dépérissement prenait de l'ampleur un peu partout au Québec .

En effet, l'incidence et la sévérité du dépérissement progressaient rapidement d'année en année, et ce, dans toute l'aire de distribution de l'érable à sucre. Plusieurs hypothèses ont été avancées pour tenter d'expliquer la cause de la mauvaise santé et de la mortalité précoce des arbres, notons entre autres l'aménagement des érablières, les modes d'exploitation, le dégel de février 81, les maladies et les infestations d'insectes, etc.

En 1983, un groupe d'experts québécois a été mandaté afin d'établir un bilan provincial de l'état de la situation du dépérissement dans les érablières et de déterminer la ou les causes de ce problème. Le rapport des experts révéla qu'aucune des hypothèses établies au départ ne s'avérait justifiable sur le plan scientifique pour expliquer le dépérissement. Par ailleurs, d'autres essences feuillues comme le chêne, le hêtre, le merisier, le frêne et certains résineux étaient atteintes par le dépérissement.

Suite à la publication de ce rapport, plusieurs personnes au Québec ont émis l'hypothèse que la pollution atmosphérique (pluies acides, ozone troposphérique), puisse être la cause explicative du dépérissement. Rappellons-nous qu'à ce moment, le public commençait à peine à être sensibilisé au problème des pluies acides et que le Québec et le Canada disposaient de très peu d'experts dans le domaine de la recherche reliée au dépérissement des forêts.

De plus, la communauté scientifique mondiale n'avait été alertée qu'au début des années 70 du problème de l'acidification des lacs dans les pays scandinaves. Les Scandinaves attribuaient le problème de l'acidification des lacs au transport des pluies acides provenant du Royaume-Uni.

Alors que les producteurs acéricoles du Québec signalaient les premiers signes de dépérissement, les médias nous informaient que la Forêt Noire en Allemagne dépérissait rapidement. Par ailleurs, nous apprenions que plusieurs cas de dépérissement de forêts étaient signalés un peu partout dans le monde, sans que l'on puisse en expliquer scientifiquement la cause. Cependant, un dénominateur commun de ces problèmes de dépérissement était le même, soit : des niveaux de pollution atmosphérique élevés, que ce soit sous forme de dépôts acides provenant de pollution régionale ou de polluants transportés à longue distance.

On apprit par la suite que le Québec et l'est de l'Amérique du Nord étaient parmi les régions du continent les plus touchées par les retombés de dépôts acides. Aussi, l'écosystème québécois subissait l'effet des pluies acides depuis plusieurs décennies. De plus, une part importante, soit plus de 50 % de ces dépôts acides, provenait du transport des polluants à longue distance.

Conséquemment, pour solutionnner ce problème, il fallait non seulement réduire les émissions responsables de la formation des pluies acides chez nous, mais convaincre nos voisins du Sud d'en faire autant.

De toute évidence, les solutions au problème des pluies acides étaient essentiellement politiques et il fallait de toute urgence convaincre nos élus de passer à l'action. Les producteurs et productrices agricoles se sont mobilisés vers le milieu des années 80 pour sensibiliser l'ensemble de la population québécoise, canadienne et américaine au problème de la destruction de nos érablières et de nos forêts par les pluies acides. Plusieurs moyens de sensibilisation ont été utilisés afin d'informer et d'inciter la population à faire pression auprès des décideurs. Conférences de presse, pétitions, posters dans les écoles et lieux publics, opération cartes postales auprès du Premier Ministre canadien, rencontres politiques auprès des députés locaux et comités parlementaires, manifestation à Ottawa lors du Sommet Reagan - Mulroney, organisation d'un symposium international sur les pluies acides à Montréal en 1988, installation d'affiches le long des routes dans les régions rurales du Québec, sondage auprès des acériculteurs, comptabilisation des dommages causés par les pluies acides facturée aux députés dans les régions, etc.

Pendant que l'opinion publique se mobilisait un peu partout en Amérique du Nord, les premiers résultats de la recherche de l'effet des pluies acides sur les différents écosystèmes venaient confirmer nos appréhensions. Les pluies acides n'épargnaient à peu près rien. Nos sols, nos lacs, nos forêts, nos édifices et monuments culturels subissaient depuis plusieurs décennies l'effet dévastateur des pluies acides. La somme des dommages causés par cette pollution ne cessait de croître et risquait d'hypothéquer l'avenir. Enfin, nous pouvions utiliser ces résultats en opposition aux arguments du lobby influent des pollueurs, qui depuis plusieurs années, ne cessaient de dire sur la place publique que des mesures de réduction de la pollution de leurs centrales électriques, fonderies et de leurs usines seraient trop coûteuses.

Les gouvernements n'avaient plus le choix; il fallait passer à l'action. Ainsi, en 1985, le Canada a été le premier à agir avec le Programme de lutte aux pluies acides dans l'est du Canada. Ce programme qui touche sept provinces vise à réduire de moitié les émissions annuelles de SO_2 d'ici 1994. Les résultats de ce programme sont encourageants. Tout semble indiquer que le Québec et l'Ontario rencontreront l'objectif de 1994, cependant certaines provinces tardent à passer à l'action, c'est le cas des provinces du Manitoba, du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Ecosse. Les autorités responsables de l'application de ce programme devront faire les pressions nécessaires pour amener ces provinces à respecter leur engagement lors de la signature de ce programme.

En ce qui a rapport aux Etats-Unis, l'adoption par la Chambre des représentants et le Sénat, des amendements au Clean Air Act, prévoyant d'ici l'an 2000 la réduction des émissions annuelles des deux principaux polluants responsables de la formation des dépôts acides, soit l'anhydride sulfureux et les oxydes d'azote, est une nouvelle encourageante.

NOS PRÉOCCUPATIONS POUR L'AVENIR

Il est trop tôt à cette étape-ci pour crier victoire. La vigilance est de mise, afin que les engagements et les échéanciers pris au Canada et aux Etats-Unis soient respectés. En dépit de la promulgation du Clean Air Act, plusieurs dispositions de la réglementation doivent être réalisés d'ici 1992. Un sujet de préoccupation pour le Québec est de s'assurer que l'objectif national de réduction de 50 % des émissions annuelles d'anhydride sulfureux aux Etats-Unis aura des retombés équivalentes concernant les retombés de pluies acides au Québec en provenance des Etats-Unis. La Loi américaine reste muette sur cette question.

L'Accord entre le gouvernement du Canada et le gouvernement des Etats-Unis sur la qualité de l'air qui concerne entre autres la pollution transfrontalière doit assurer aux deux pays signataires le respect de l'article 21 de la déclaration de Stockholm de 1972. C'est à dire : «qu'un État a la responsabilité de veiller à ce que les activités sous sa gouverne ou son contrôle ne cause de dommages à l'environnement d'un État voisin».

Par ailleurs, nous croyons que les citoyens du Québec et du Canada doivent être informés sur une base régulière des progrès réalisés ainsi que des résultats des études effectuées au Canada et aux Etats-Unis sur les précipitations acides. Il faut maintenir les différents programmes de surveillance qui ont été établis depuis dix ans, comme par exemple, le réseau québécois de prise de mesure des polluants atmosphériques en milieu rural et forestier, le réseau québécois de surveillance de la qualité des eaux de surface, le réseau d'observation des dommages par le dépérissement des érablières et des forêts.

En outre, les efforts de recherche sur le dépérissement des érablières et des forêts doivent être poursuivis.

Enfin, nous croyons que nos gouvernements doivent intervenir rapidement par le biais de programmes ou de politiques afin d'encourager les industries et les individus à réduire leur dépendance envers les énergies fossiles. Par exemple, favoriser les économies d'énergie ou l'utilisation d'énergie renouvelable, et prioriser le développement de politiques de transport telles que co-voiturage, transport en commun.

En terminant, on peut affirmer qu'une bataille a été gagnée dans le dossier des pluies acides, avec la promulgation du Clean Air Act aux Etats-Unis ainsi qu'avec le Programme de lutte contre les pluies acides dans l'est du Canada, toutefois, la guerre n'est pas terminée. Conséquemment, l'ensemble de la population québécoise, canadienne et américaine doit demeurer vigilante et exercer les pressions nécessaires afin que ce problème soit solutionné dans les meilleurs délais possibles.

Louis Ménard, agro-économiste
Union des producteurs agricoles
- 04 novembre 1991 -

LA POLLUTION PAR L'OZONE AU QUÉBEC

Richard Leduc, Ph.D.
Division de la qualité de l'air
Ministère de l'environnement du Québec
2360 chemin Ste-Foy, 2ième étage
Ste-Foy, QC, G1V 4H2

Claude Gagnon, M.Sc.
Service de l'environnement
Communauté urbaine de Montréal
9150 boulevard de l'Acadie
Montréal, QC, H4N 2T2

COLLOQUE SUR LES PRECIPITATIONS ACIDES
ET SUR LA POLLUTION PAR L'OZONE (SMOG)

Montréal, 4 et 5 novembre 1991

RÉSUMÉ

Les concentrations d'ozone dans le corridor Windsor-Québec atteignent souvent des valeurs élevées lors de conditions propices. L'objectif de ce rapport est de donner un aperçu des niveaux d'ozone rencontrés au Québec depuis 1980. On discute tout d'abord des variations annuelles (tendance à long terme), mensuelles et horaires tout en comparant les niveaux d'ozone avec ceux de l'oxyde nitrique à certains postes de mesure. On présente ensuite des résultats concernant la fréquence des dépassements de la norme horaires et des seuils quotidiens et annuels puis on discute de certaines relations entre les concentrations d'ozone et les conditions météorologiques.

Une description d'un episode majeur d'ozone survenu au Québec en juin 1988 est décrit dans le rapport plus complet disponible sur demande.

1. INTRODUCTION

Les divers polluants précurseurs à la formation de l'ozone sont émis en quantité suffisante en milieu urbanisé et on a d'abord associé le smog photochimique aux villes importantes, ce qui est souvent le cas. On s'intéresse aussi au transport de l'ozone (et des divers autres composés) hors de la zone urbaine, vers les milieux récepteurs situés en zone agricole ou forestière; à cet effet, un réseau extensif de mesures a été mis sur pied au Québec dernièrement (Leduc, 1989).

L'échantillonnage en continu des polluants gazeux dans l'air ambiant s'effectue depuis le début des années 1970 un peu partout au Québec. La mesure de l'ozone a cependant posé des problèmes particuliers au niveau de l'étalonnage des appareils de mesure; par conséquent, ce n'est qu'à partir en 1979 que l'on dispose d'observations suffisamment fiables.

Le réseau québécois de mesure d'ozone dans l'air ambiant comprend des postes en milieu urbain dont neuf postes sur le territoire de la CUM qui sont opérés par le Service de l'environnement de la CUM. On retrouve de plus deux postes à Laval, un à Longueuil, deux à Québec, un à Hull (opérés par le MENVIQ) et plusieurs postes en milieu extra-urbain qui font partie du réseau REMPAFAQ; ces derniers n'opèrent cependant que depuis un ou deux ans seulement. Douze de ces postes font partie du réseau NAPS (Environnement Canada) pour lequel les procédures d'étalonnage et de validation sont normalisées.

Les instruments employés pour la mesure de l'ozone sont presque tous maintenant des appareils qui mesurent l'ozone par absorption dans l'ultra-violet. Un étalonnage complet de chaque appareil de mesure est effectué à tous les six

mois ou plus souvent, si nécessaire; une calibration quotidienne du zéro et de l'étalon est aussi effectuée pour s'assurer de la précision des mesures.

Seules les données horaires obtenues à partir des données aux 4 minutes sont conservées dans la banque de données. A la CUM, toutes les données horaires sont conservées à moins qu'un dépassement de la norme quotidienne ne soit occasionné par moins de 12 valeurs horaires. Les données horaires validées de la CUM sont transférées au MENVIQ qui les valide en utilisant les procédures d'Environnement Canada; à cet effet, il faut un minimum de 75% des observations horaires pour une journée et, pour les moyennes annuelles ou mensuelles, que 50% des observations horaires soient disponibles; de plus l'année ne doit pas compter plus d'un trimestre manquant et chaque trimestre doit compter au moins deux mois valides. Si tel n'est pas le cas, le données ne sont pas utilisées pour le calcul des moyennes respectives.

Peu d'études offrant un retrospective générale ont été effectuées à l'aide des données des réseaux d'échantillonnage du Québec. Mentionnons celle de Leduc et al (1990) mais celle-ci ne couvrait que la période 1979 à 1985 pour l'ozone.

L'objectif du présent raport est de déterminer les niveaux d'exposition à l'ozone pour l'ensemble du réseau d'échantillonnage pour la période allant de 1979 à 1990 en décrivant les niveaux moyens et les fréquences de dépassements des normes; de plus, compte tenu du lien important entre les conditions météorologiques et les concentrations d'ozone, on présente les caractéristiques de l'exposition en fonction de certaines variables météorologiques.

Le tableau 1 donne la liste des stations employées. Celle-ci ne comprend pas nécessairement toutes les stations qui ont fonctionné durant la période 1979-90 car certaines ont été éliminées vu leur trop courte période d'échantillonnage ou leur nombre de données manquantes trop grand. Dans le texte qui suit, on insiste davantage sur les sites en milieu urbain compte tenu de la longueur de la période disponible et de l'importance de caractériser l'exposition de la population.

2. EXPOSITION

A Montréal, les concentrations moyennes varient entre environ 7 ppb et 20 ppb; les postes dans l'ouest de l'île (06049 à Dorval et 06060 à Roxboro) ainsi que ceux qui sont très peu influencés par les activités urbaines (06205 à Chomedey et 06600 à Longueuil) ont les concentrations globales d'ozone les plus élevées alors qu'elles sont les plus basses là où la circulation automobile est intense. Le même phénomène s'observe à Québec avec des concentrations de 12 ppb et 20 ppb aux deux sites de mesures. En milieu extra-urbain, tous les postes ont des moyennes globales plus élevées que celles des postes en milieu urbain (jusqu'à 33 ppb).

Les moyennes annuelles dans la région de Montréal pour les postes représentant les trois groupes définis précédemment (06001, 06049, 06061), de même qu'un lissage des moyennes de chaque mois de la période considérée, montrent une situation plutôt stable depuis le début des années 1980. Le même phénomène s'observe à Québec, bien que les données soient plus limitées. Il semble donc que les concentrations d'ozone ne soient ni à la hausse ni à la baisse de façon marquée au Québec.

A Montréal, on observe qu'à tous les postes le maximum mensuel se situe en juin ou juillet alors que les minimums sont généralement d'octobre à janvier. Par contre, à Québec et en milieu extra-urbain, la moyenne mensuelle maximale se situe au mois de mai alors que les moyennes de juin et de juillet sont même inférieures à celles de mars, avril et mai.

Aux postes urbains le cycle diurne comporte deux maximums qui démontrent l'interaction entre l'ozone et le NO. La lente augmentation qui s'amorce dès le début de la journée est ralentie par l'heure de pointe matinale de 5 h à 7 h sauf au centre-ville où elle se prolonge jusqu'à 9 h environ; le maximum est atteint entre midi et 14 h environ. Aux postes extra-urbains, le cycle diurne ne comprend qu'un seul maximum journalier.

Dans la région de Montréal, la fréquence des dépassements de la norme horaire varie de 0,54% à 0,02%, soit environ 47 heures par année à 2 heures par année. Aux deux sites fortement influencés par la circulation automobile (06061, 06028), les dépassements de la norme horaire sont les moins fréquents. A Québec, un poste ne connait pas de dépassement de la norme horaire alors que la fréquence à celui localisé en banlieu OUEST atteint 0,18%. En milieu extra-urbain, les dépassements de la norme horaire se manifestent aussi de manière fréquente (0,27% à Charette). Sur l'ensemble du réseau de la région de Montréal, la fréquence des dépassements de la norme horaire a connu des fluctuations relativement importantes depuis 1980. L'année 1988 a été l'année la plus remarquable à Montréal en ce qui concerne les dépassements de la norme, avec une moyenne de 0,94% pour l'ensemble du réseau. Dans la région de Montréal, la fréquence des dépassements atteint 1,4% en juin et les fréquences sont nulles d'octobre à avril inclusivement; les mois de juin et juillet constituent en

fait les deux mois de l'année où la grande majorité des dépassements horaires est observée. A Québec, la plupart des dépassements se manifestent aussi en période estivale mais, il semble, de manière plus hâtive. Généralement les dépassements sont plus fréquents en après-midi mais, à Montréal, on a observé un nombre important de dépassements nocturnes.

Dans la région métropolitaine de Montréal, les stations 06049 et 06060 ont une fréquence de dépassements de la norme quotidienne de 29,1% et de 28,5%, soit les plus hautes valeurs sur l'ensemble du réseau. A Québec, la station du centre-ville (03056) a une fréquence de 3,8% alors que pour celle située en banlieue, plus à l'ouest, elle est de 31,3%. Aux stations du réseau extra-urbain, les fréquences sont plus grandes qu'en milieu urbain. Par exemple, à St-Faustin, au nord de Montréal, elle atteint 70,5% et elle est de 72,9% dans les Cantons de l'est (05800, Stuckley). La répartition au cours des années de la fréquence des dépassements de la norme quotidienne montre peu de variabilité dans la région de Montréal. Ainsi, pour l'ensemble des postes et à l'exception de 1988 principalement, on note des fréquences qui en moyenne se situent entre environ 13% et 15%. A Québec (03017), la fréquence la plus élevée est celle de 1986 avec une valeur de 59,1%; à l'autre site (03056), l'année 1987 a été l'année la plus basse avec une fréquence de 0,3% et 1990, la plus élevée (6,7%). A Montréal, on observe des fréquences mensuelles élevées en juin et juillet (32,5% et 34,8% respectivement; à Québec, à la station de banlieue, le maximum est atteint en avril et mai avec des valeurs de 64,6% et 69,5%.

Le seuil annuel est généralement dépassé de manière très fréquente à chacun des postes.

Dans la région de Montréal, on constate que la concentration moyenne est maximale pour une direction SUD-OUEST (19,5 ppb) puis SUD (17,7 ppb). La concentration moyenne la plus basse, 7 ppb, est celle par vent calme ce qui indique soit un phénomène de transport soit un phénomène de destruction de l'ozone par les émissions locales de NO. Le même phénomène s'observe à Québec et en milieu extra-urbain. Les dépassements de la norme horaire sont aussi dépendants de la direction du vent. A la station 06049, la grande majorité des dépassements se manifeste par vent SUD ou SUD-OUEST avec des fréquences de 0,71% et 0,78% respectivement. A plusieurs sites, on note une augmentation de la concentration avec la vitesse, augmentation qui est moins grande à mesure que la vitesse augmente de sorte que la courbe tend asymptotiquement vers un maximum qui dépend de la localisation.

A deux sites, on a constaté que la concentration ne dépend pas (ou très peu) de la température lorsque cette dernière est inférieure à environ 15-20 degC. A partir de 20 degC environ, la concentration augmente rapidement avec la température (d'une manière qui semble linéaire) et à un taux d'environ 4 ppb/degC au-dessus de 22 degC. Les dépassements horaires sont très rares à des températures inférieures à 18-20 degC; de plus, la très grande majorité des dépassements se sont produits lorsque la température est supérieure à 25 degC environ. A Québec, la dépendance de la concentration d'ozone sur la température montre un comportement semblable. A trois endroits, on a aussi noté une augmentation linéaire de la concentration moyenne avec le rayonnement et à un taux qui dépend du site.

L'examen des épisodes sur l'ensemble du réseau de la région de Montréal montre qu'ils ont tendance à se manifester à plusieurs stations en même temps puisque la vaste majorité des épisodes se sont produits à au moins la

moitié du réseau simultanément. Si on étend le réseau pour inclure les stations extra-urbaines et celles de Québec, l'étendue maximale passe de 90% à environ 55%.

L'analyse d'un épisode particulier a permis de montrer que de grandes portions du sud du Québec peuvent être affectées par des concentrations d'ozone supérieures à la norme horaire; les seules données météorologiques ne sont cependant pas suffisantes pour expliquer l'évolution des concentrations à chaque station.

3. CONCLUSION

Les concentrations d'ozone dans la vallée du St-Laurent peuvent parfois atteindre des niveaux qui dépassent largement les normes. Bien qu'aucune tendance à la hausse ou à la baisse ne se manifeste, les concentrations peuvent fluctuer d'une année à l'autre de manière appréciable, principalement en ce qui concerne les épisodes de pollution. Cette fluctuation est liée à la fluctuation des conditions météorologiques propices au transport des précurseurs et à leur transformation photochimique; à cet effet seul un contrôle rationnel sur les précurseurs permettra d'envisager une réduction possible de l'ozone.

Depuis quelques années on observe une augmentation du niveau de fond de l'ozone dans l'hémisphère Nord (Low et al, 1990); de plus si on considère que la formation de l'ozone est reliée à la température, toute tendance à l'augmentation de cette dernière favorisera l'accroissement de l'ozone troposphérique dont une propriété importante est d'être un gaz radiatif (rétroaction possible).

Vu la non-linéarité de la formation de l'ozone et dans le but de définir les meilleures statégies de contrôle des polluants précurseurs, il est nécessaire de procéder à des

études à l'aide de modèles incorporant la photochimie et l'advection de manière explicite. Les simples relations empiriques démontrées ici ne servent que dans le but d'identifier les variables qui jouent un rôle dans la formation de l'ozone. L'acquisition de données en milieux urbains et extra-urbain est nécessaire à plusieurs point de vue: caractérisation des niveaux d'ozone rencontrés au Québec, établissement des fréquences de dépassements des normes, suivi des niveaux de fond, calage des modèles, etc. Ces données sont cependant totalement inadéquates pour l'établissement des plans de contôle des précurseurs et et elles nécessitent de plus à être complétées par des mesures effectuées sur d'autres produits réactionnels propres aux épisodes photochimiques.

4. REFERENCES

Leduc, R., 1989: Le réseau de mesure des polluants atmpsphériques en milieu forestier et agricole au Québec. Compte rendu, Séminaire sur le problème contemporain des oxydants, 27-28 février 1989, Vancouver.

Leduc, R., A.M. Lamothe, R. Vincent, 1990: Evolution de la qualité de l'air en milieu urbain au Québec 1975-1985. Direction de la qualité de l'atmosphère, MENVIQ, Envirodoq EN 900187, 84p.

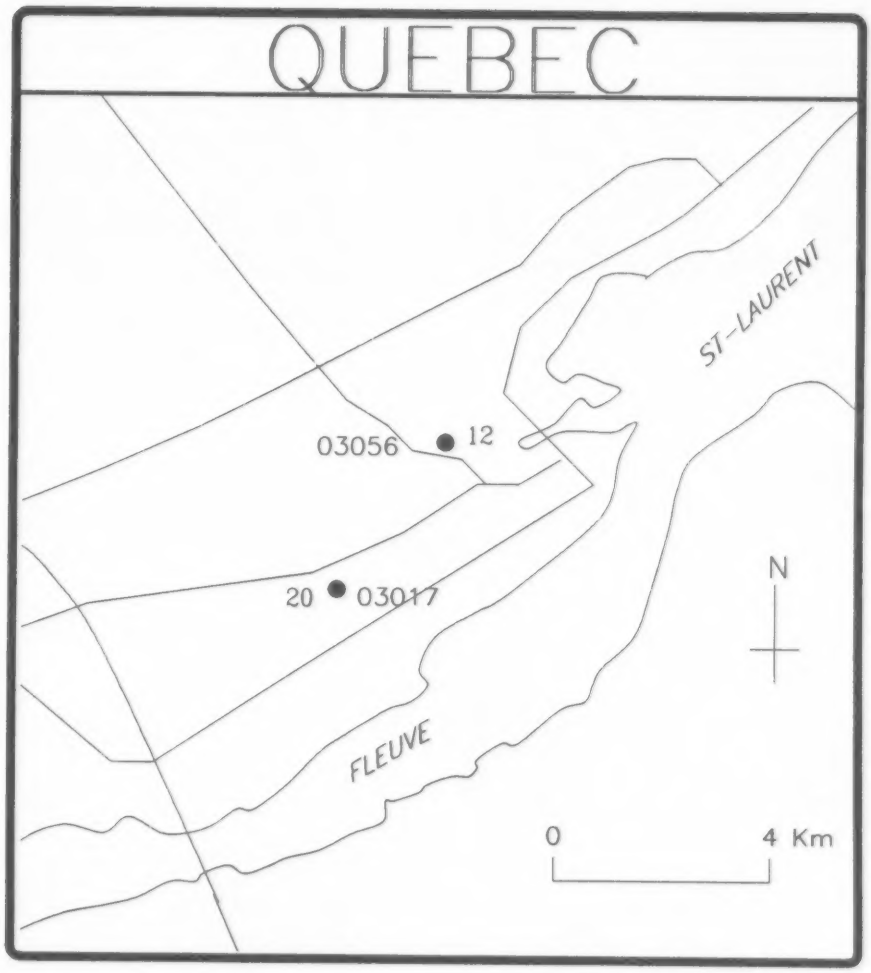
Low, P.S., T.D. Davies, P.M. Kelly, G. Farmer, 1990: Trends in surface ozone at Hohenpeissenberg and Arkona. JGR, 95, D13, 22441-22453.

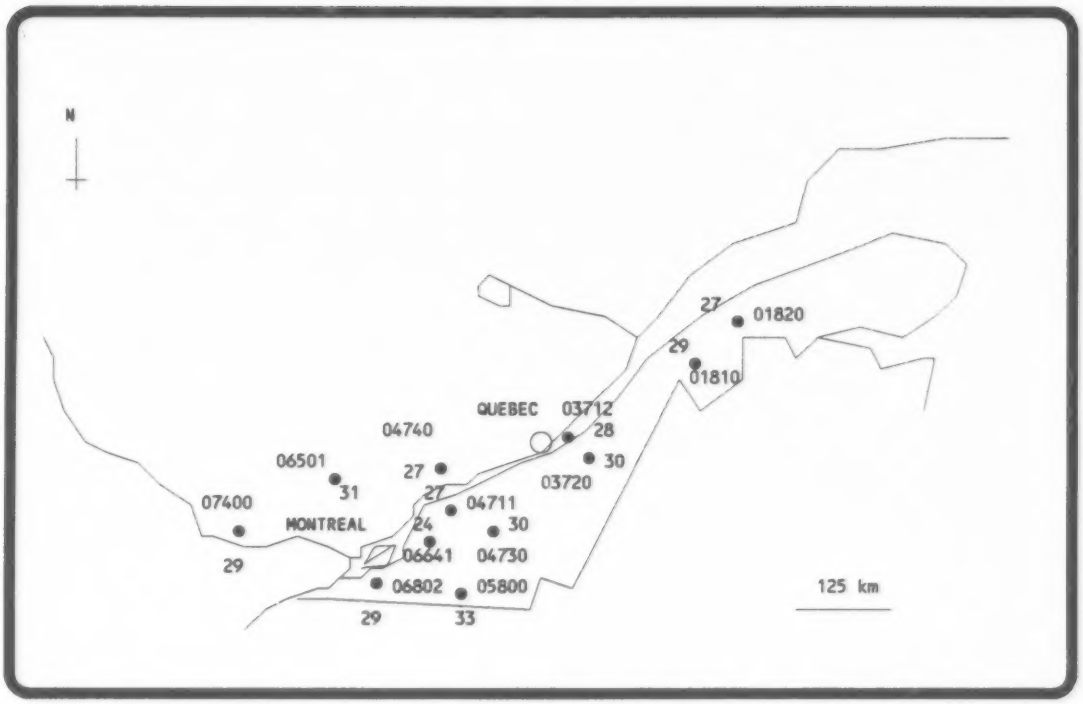
Tableau 1

Station	Type	Numéro	Période	N	Moyenne ppb	% >8 ppcm	% MJ> 2.5 ppcm	% MA> 1.5 ppcm
Auclair	EU	01810	1990	5483	29	0.05	64.1	i
Côte Ouimet	EU	01820	1990	3105	27	0.00	53.6	i
Maison Gomin	U	03017	1980-90 *	65612	20	0.18	31.3	77.8
Cartier-Brébeuf	U	03056	1986-90	37585	12	0.00	3.8	0.0
St-François (IO)	EU	03712	1989-90	13026	28	0.14	56.8	i
ND Rosaire	EU	03720	1989-90	9507	30	0.00	63.3	i
Tingwick	EU	04730	1989-90	11003	30	0.05	54.0	i
St-Zéphyrin	EU	04711	1990	8150	27	0.10	53.3	i
Charette	EU	04740	1989-90	14931	27	0.27	54.7	i
Stuckley	EU	05800	1989-90	6271	33	0.03	72.9	i
Jardin Botanique	U	06001	1979-90	85418	13	0.19	12.5	27.3
St-J-Baptiste	U	06003	1979-90	78868	16	0.19	14.2	36.4
Ontario	U	06012	1979-90	91980	13	0.19	10.0	18.2
Décarie	U	06028	1980-90	54041	9	0.06	2.6	10.0
Parc Pilon	U	06029	1981-90	66979	14	0.36	13.7	33.3
Lilac	U	06049	1979-90	77005	21	0.30	29.1	88.9
Sunnydale	U	06060	1982-90	55380	19	0.54	28.5	75.0
Peel	U	06061	1979-90	75465	7	0.02	1.9	0.0
St-Joseph	U	06068	1979-90	89555	15	0.34	15.0	27.3
Pont-Viau	U	06201	1979-90	78820	17	0.37	17.3	66.7
Chomedey	U	06205	1979-90	82017	18	0.43	23.7	90.9
St-Faustin	EU	06501	1989-90	9130	31	0.10	70.5	i
Longueuil	U	06600	1982-90	60189	17	0.14	18.1	77.8
St-Simon	EU	06641	1989-90	12459	24	0.06	37.4	i
St-Rémi	EU	06802	1989-90	8434	29	0.17	58.1	i
La Pêche	EU	07400	1989-90	10447	29	0.10	57.4	i

* sauf 1987-88
i=insuffisant
U=urbain
EU=extra-urbain

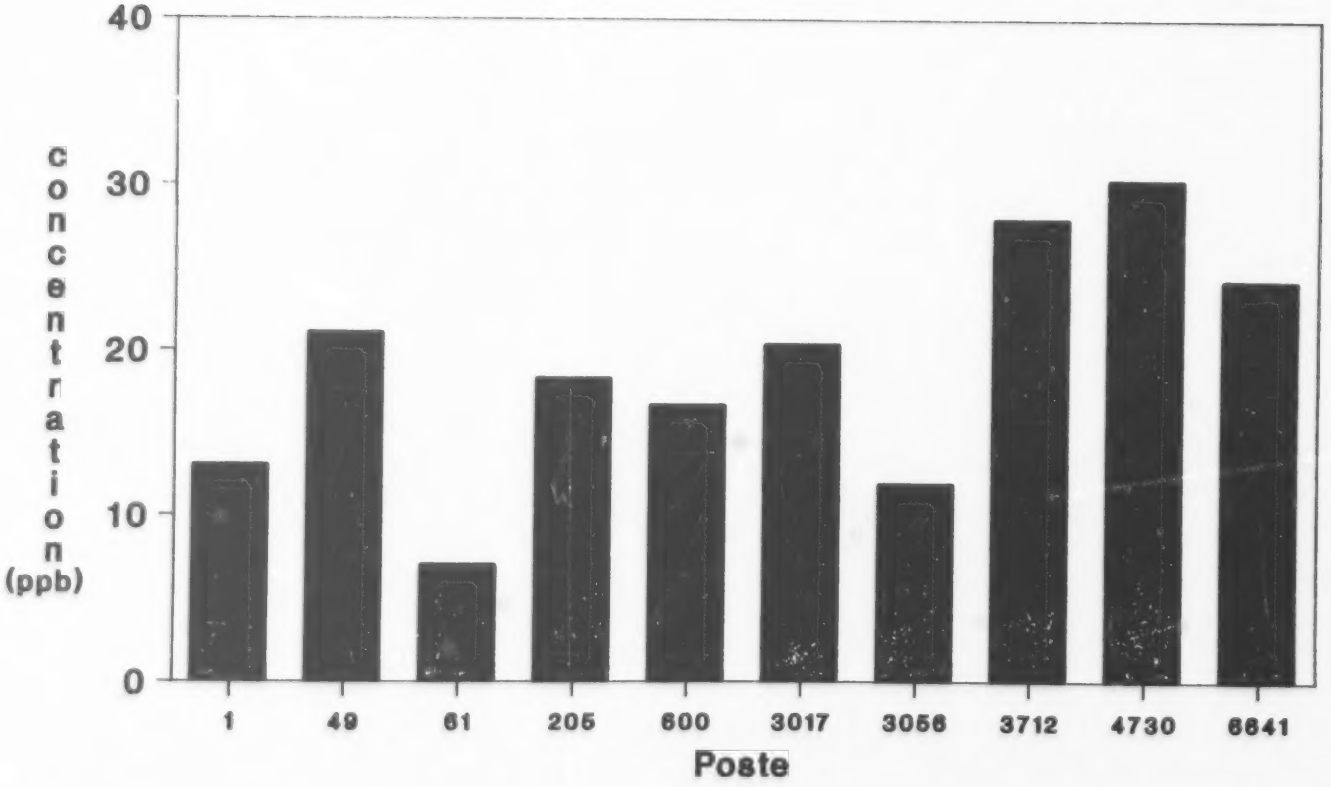
REGION DE MONTREAL
N
06003
16
06029
14
06201
16
06001
13
06205
18
ST-LAURENT
06012
13
06600
17
06028
9
06060
19
06061
7
06068
15
06049
21
0 5 km
FLEUVE


QUEBEC
ST-LAURENT
03056
12
20
03017
FLEUVE
N
0
4 Km


N
27
01820
29
01810
QUEBEC
03712
04740
28
06501
27
30
31
27
03720
07400
04711
MONTREAL
24
30
29
06641
04730
06802
05800
125 km
29
33

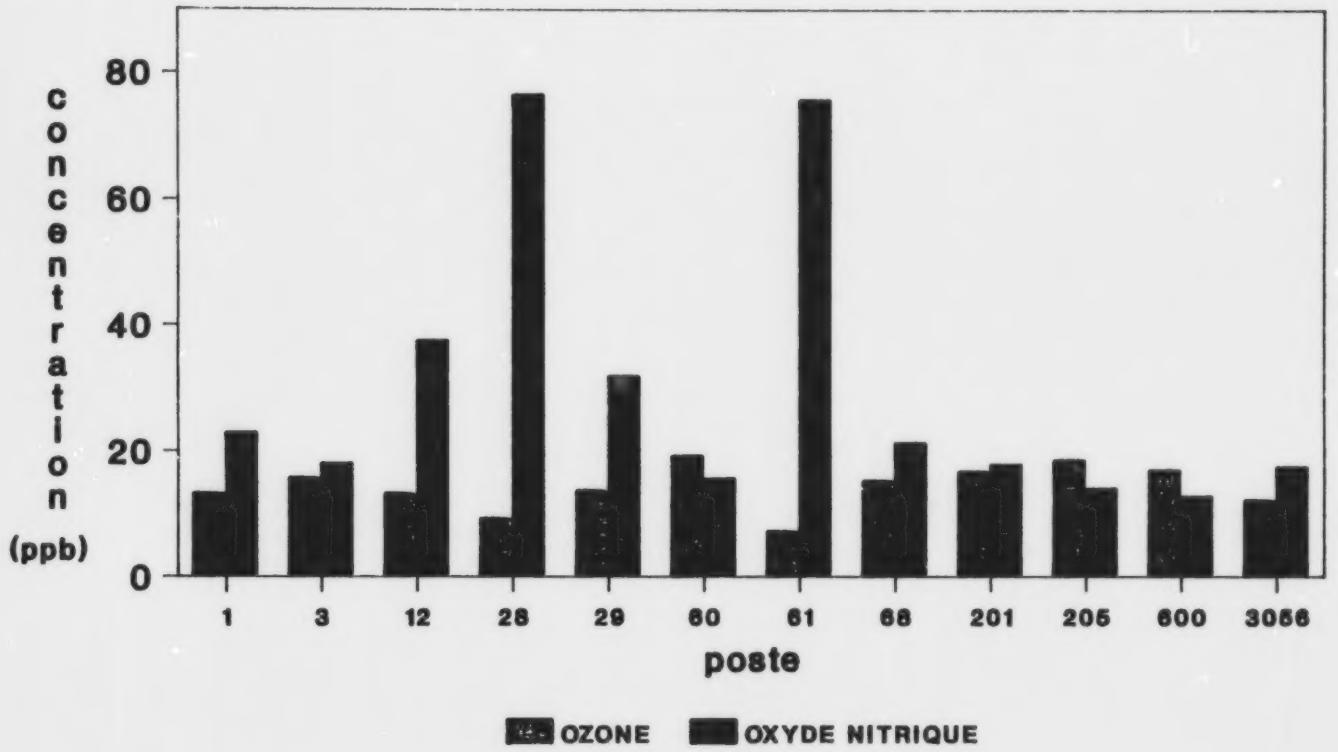
Moyenne globale d'ozone

Postes urbains et extra-urbains



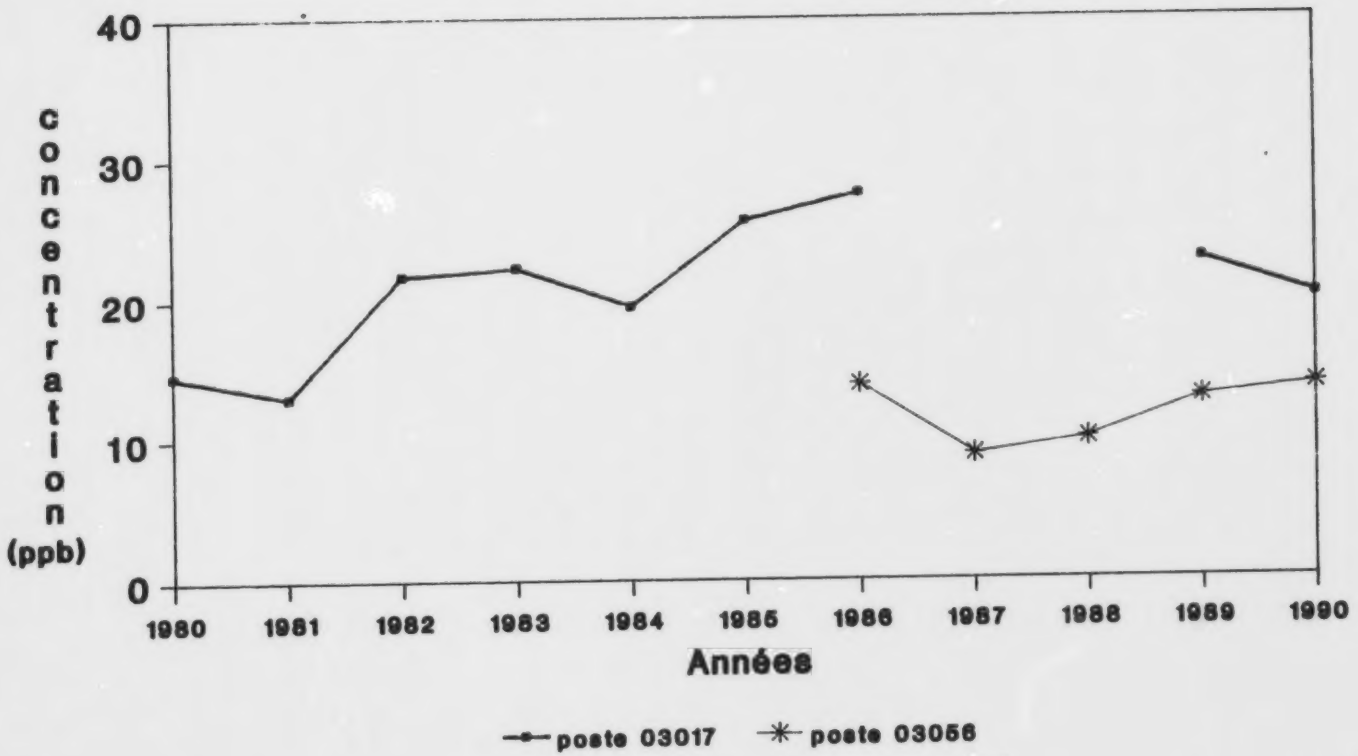
Moyenne globale d'ozone et de NO

Région de Montréal et de Québec



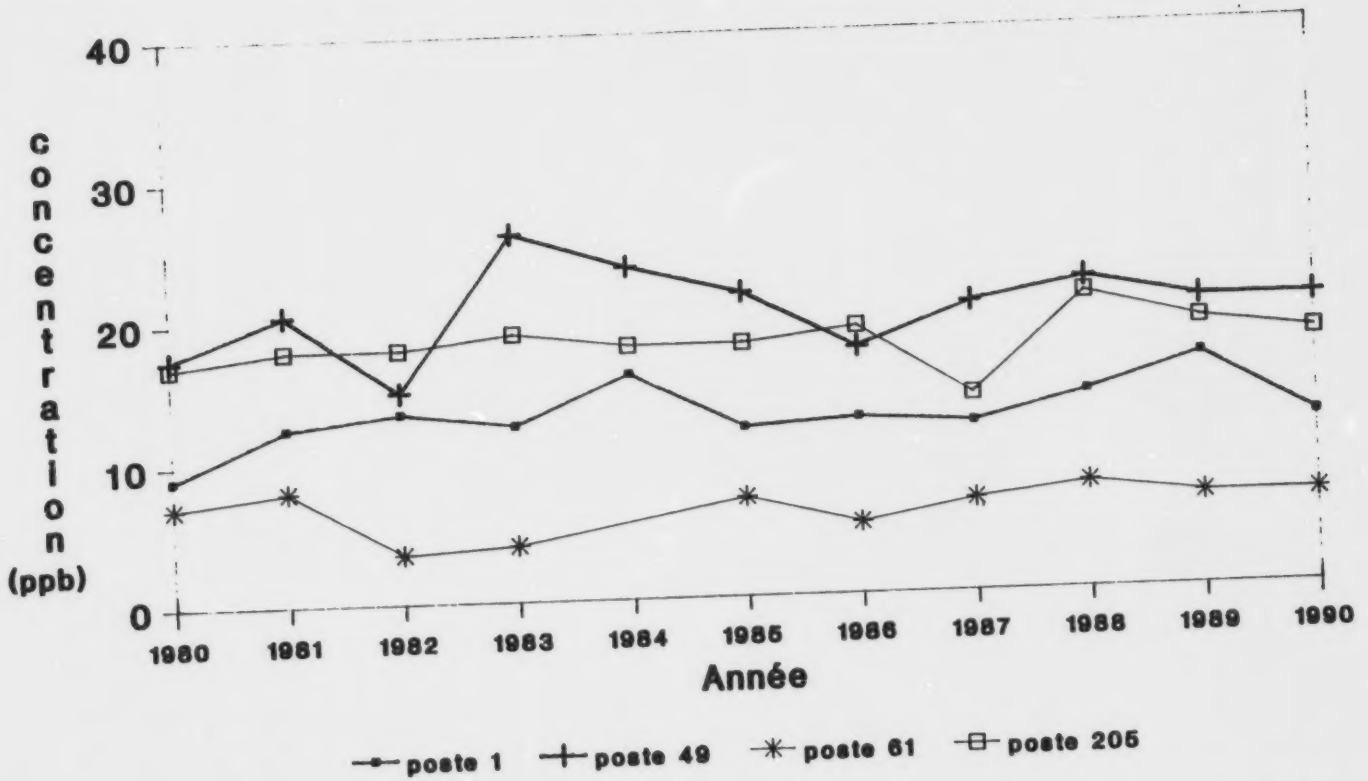
Variation annuelle d'ozone

Région de Québec



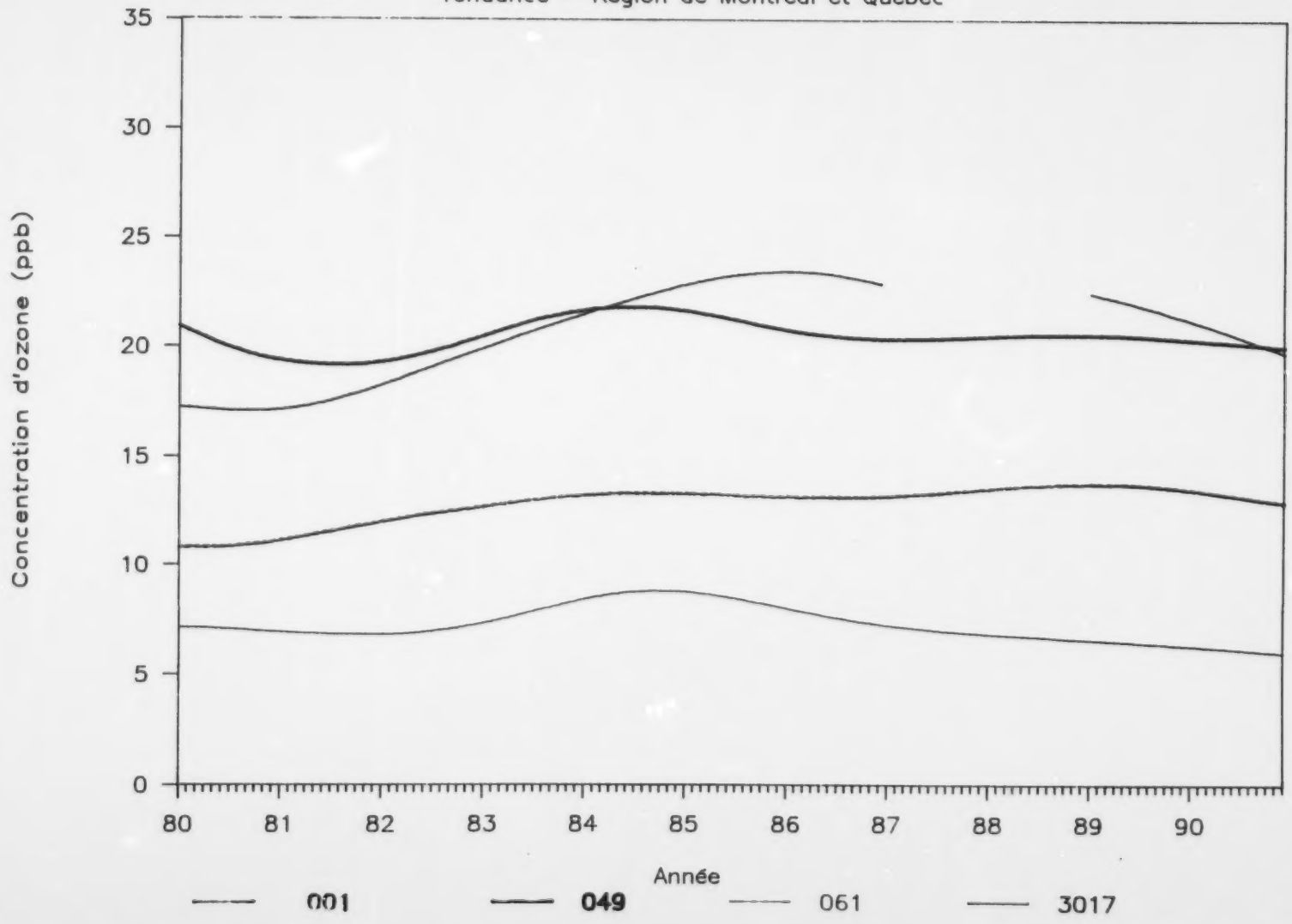
Variation annuelle d'ozone

Région de Montréal



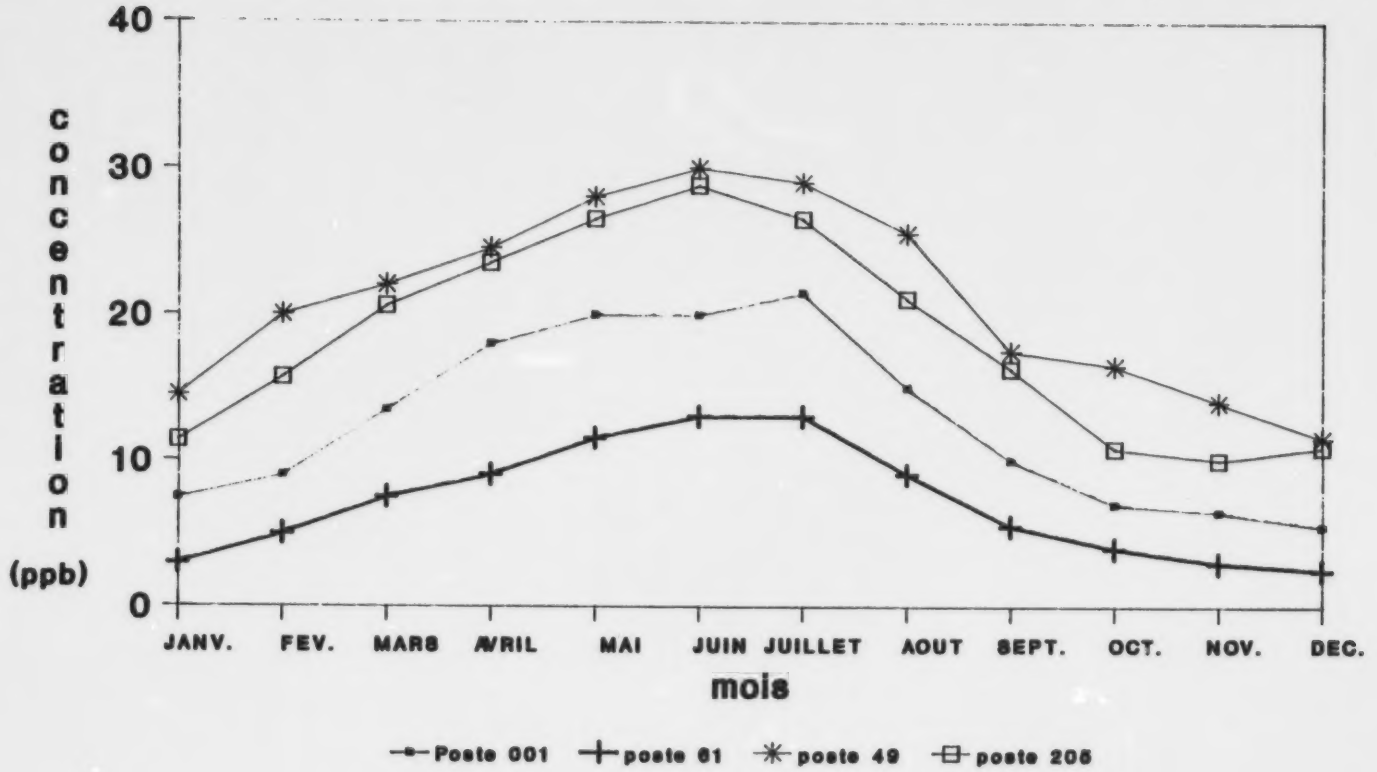
VARIATION ANNUELLE D'OZONE

Tendance – Région de Montréal et Québec



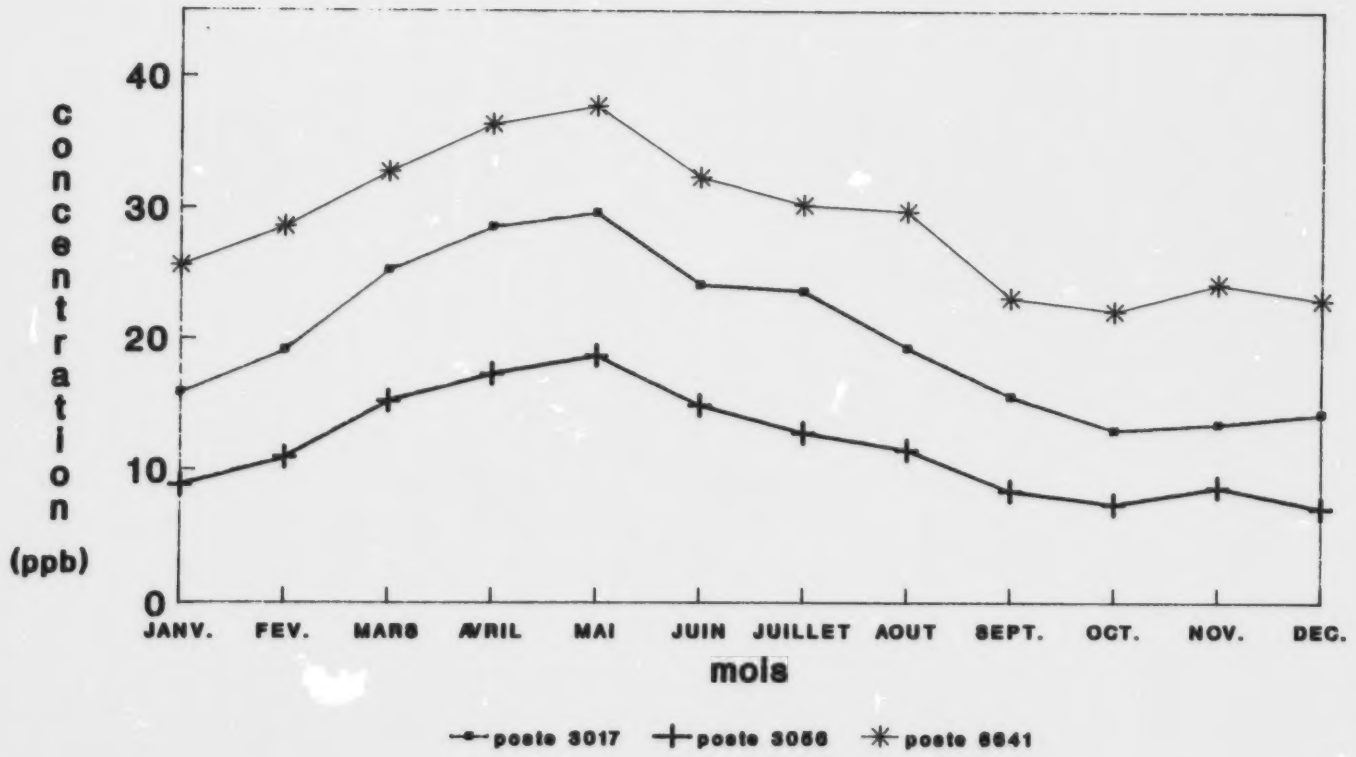
Variation mensuelle d'ozone

Région de Montréal



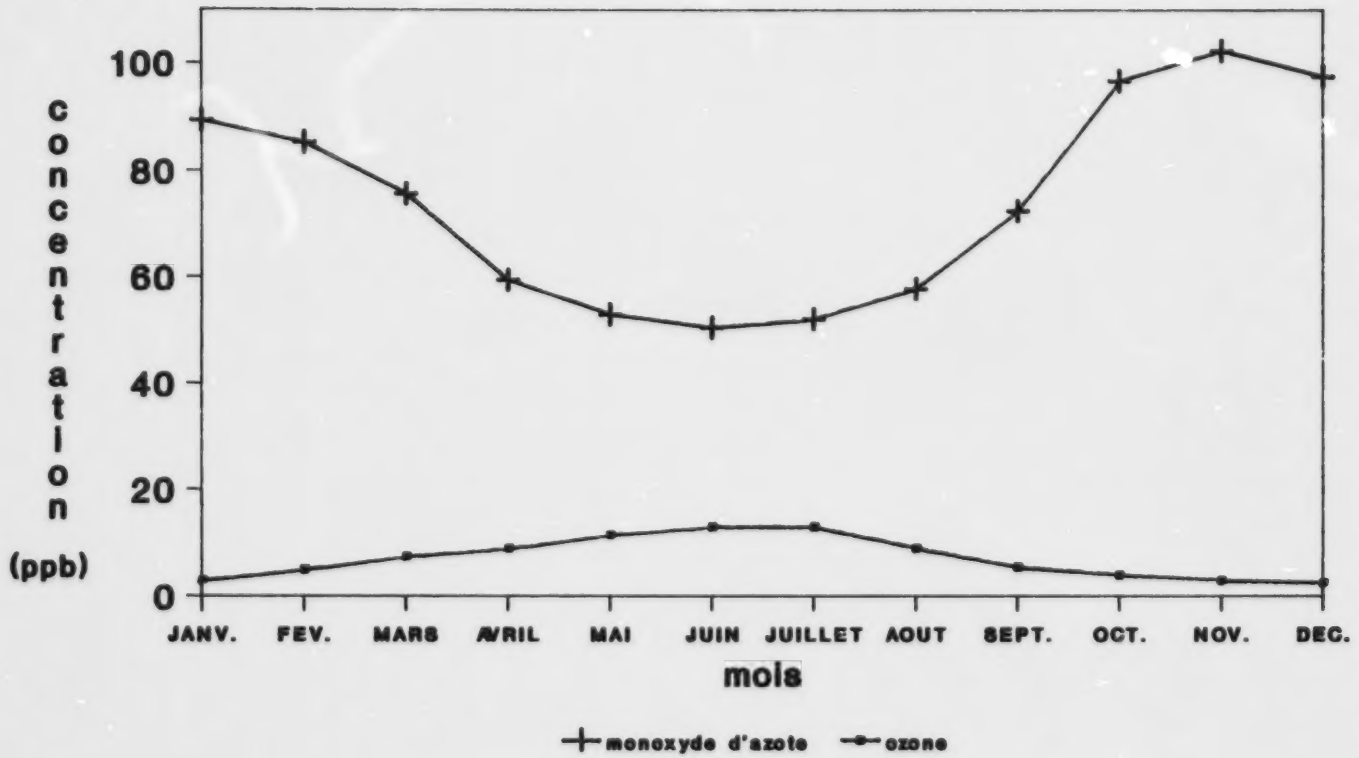
Variation mensuelle d'ozone

Québec et extra-urbain



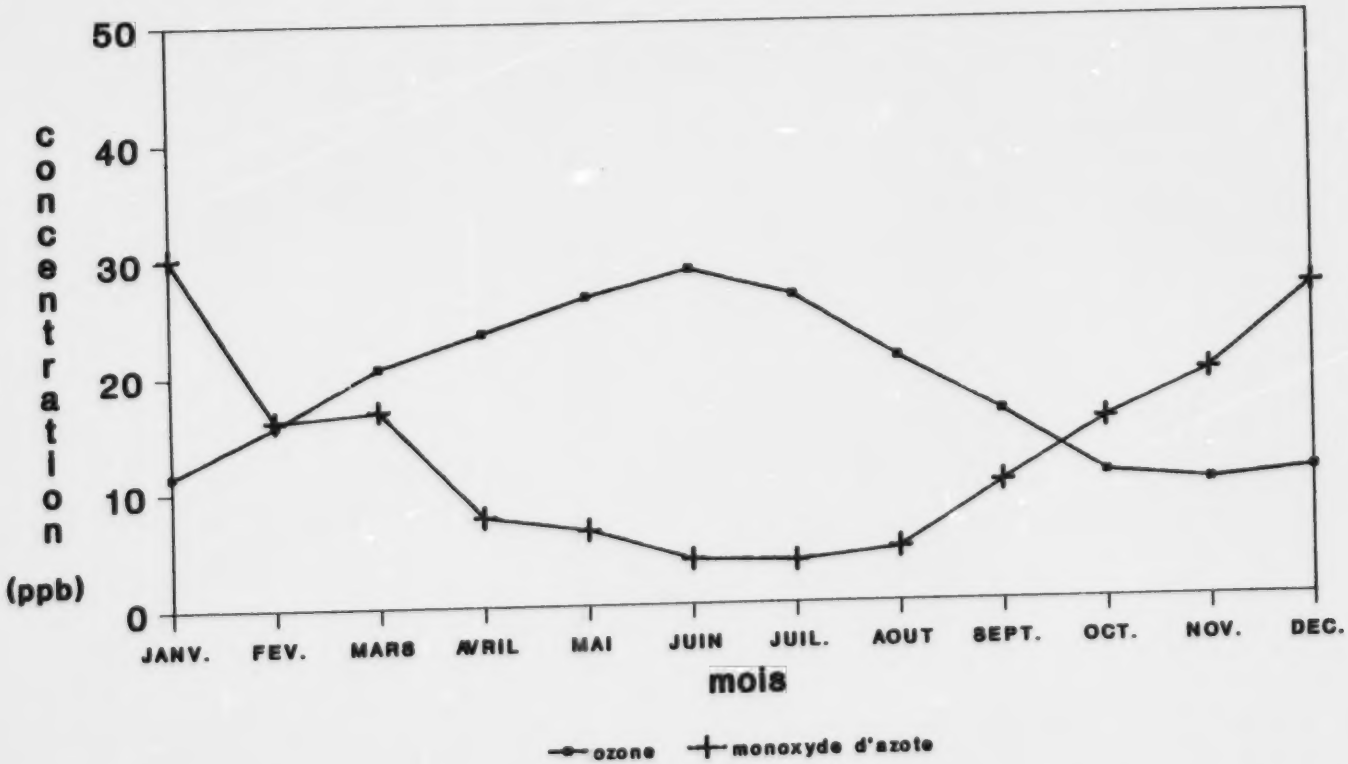
Variation mensuelle d'ozone et de NO

Poste 061-Montréal centre-ville



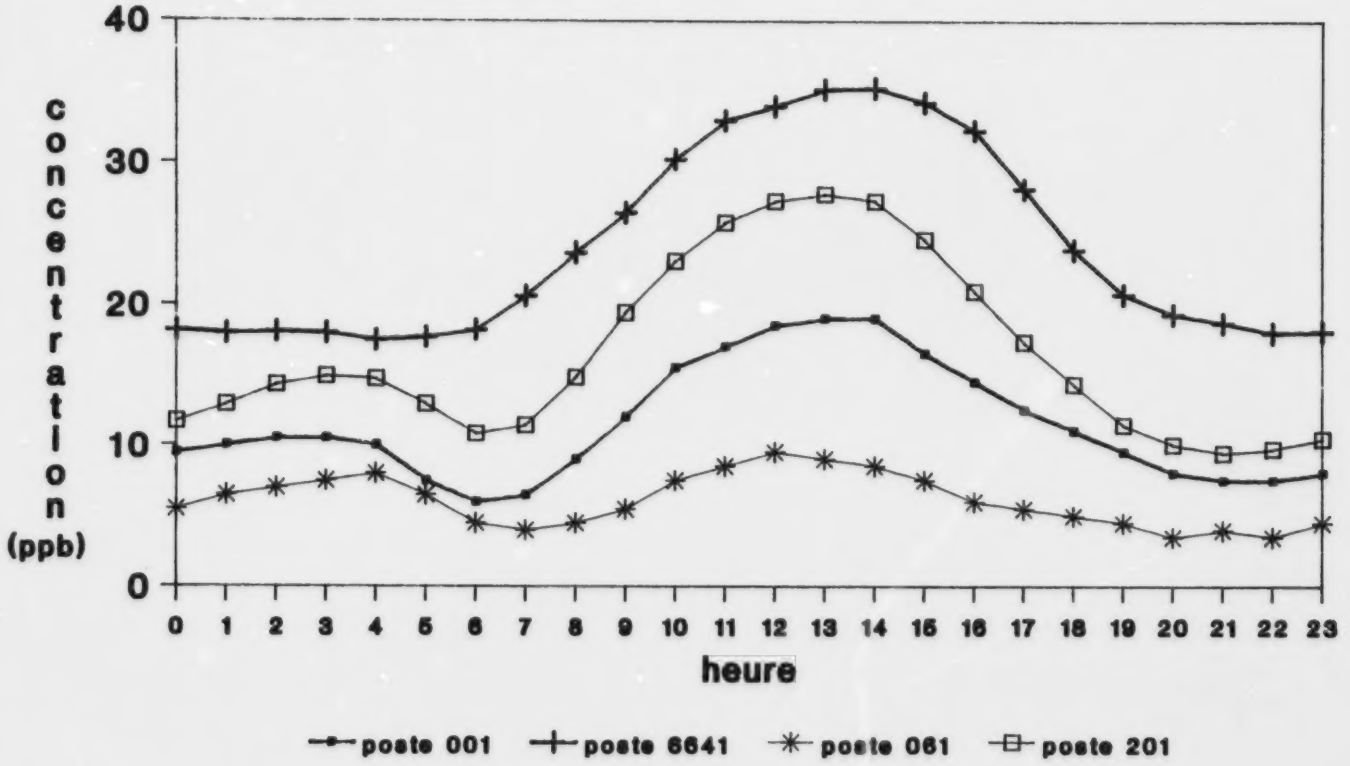
Variation mensuelle d'ozone et de NO

Poste 205-Laval Chomedey



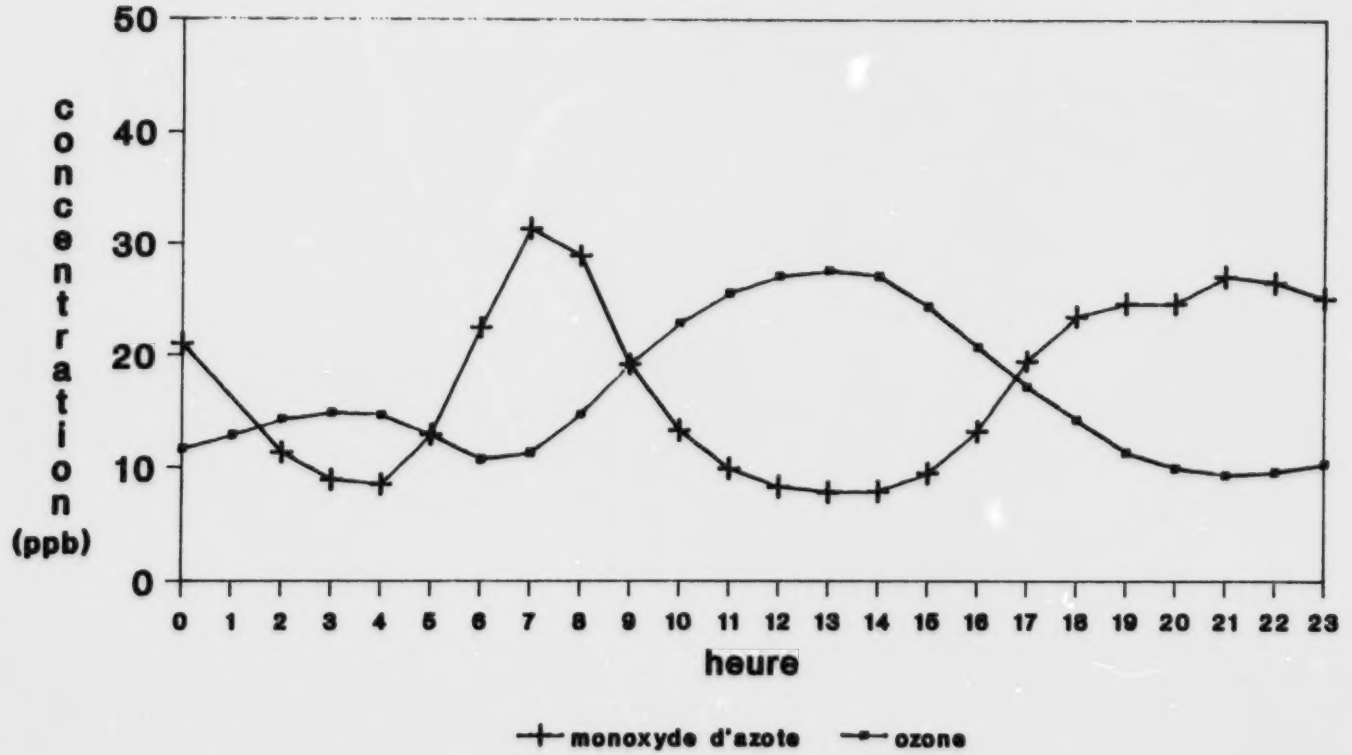
Variation horaire d'ozone

Région de Montréal et extra-urbaine



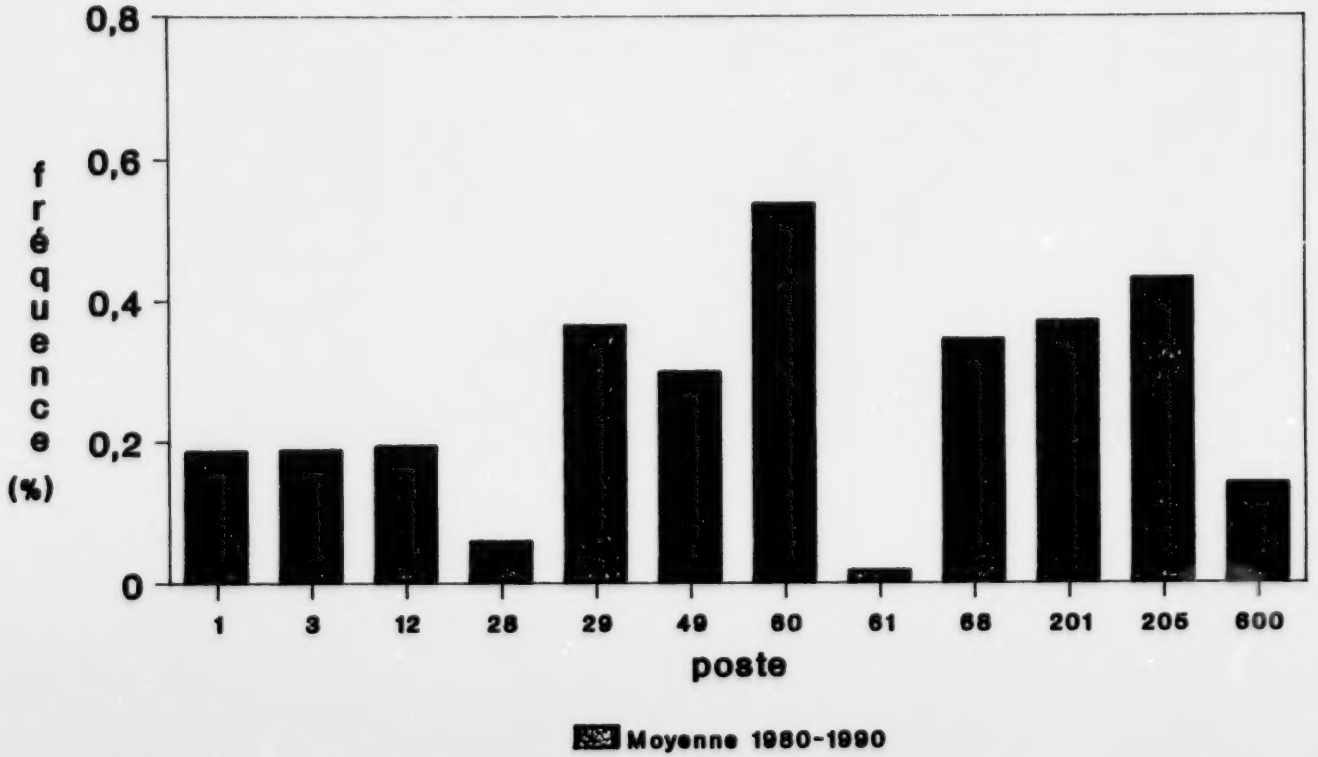
Variation horaire d'ozone et de NO

Poste 201-Laval Pont-Viau



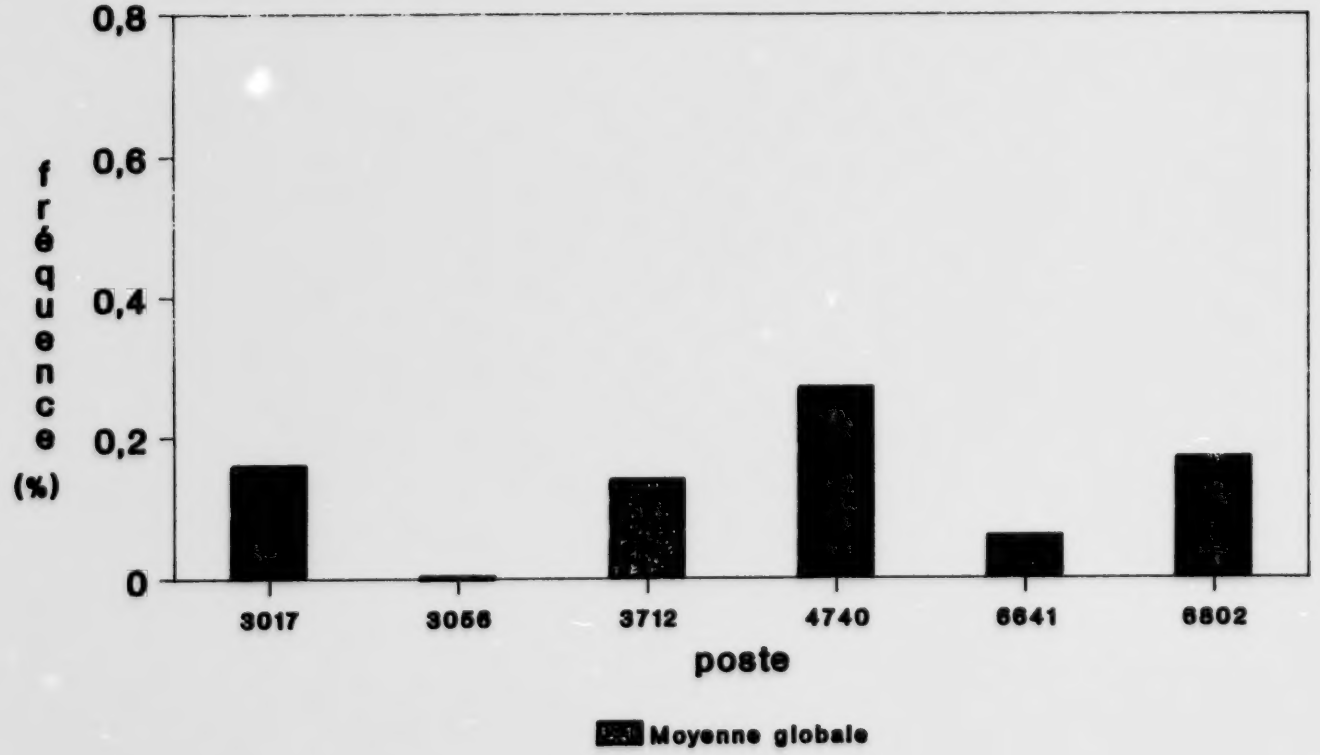
Dépassement de la norme horaire d'ozone

Région de Montréal



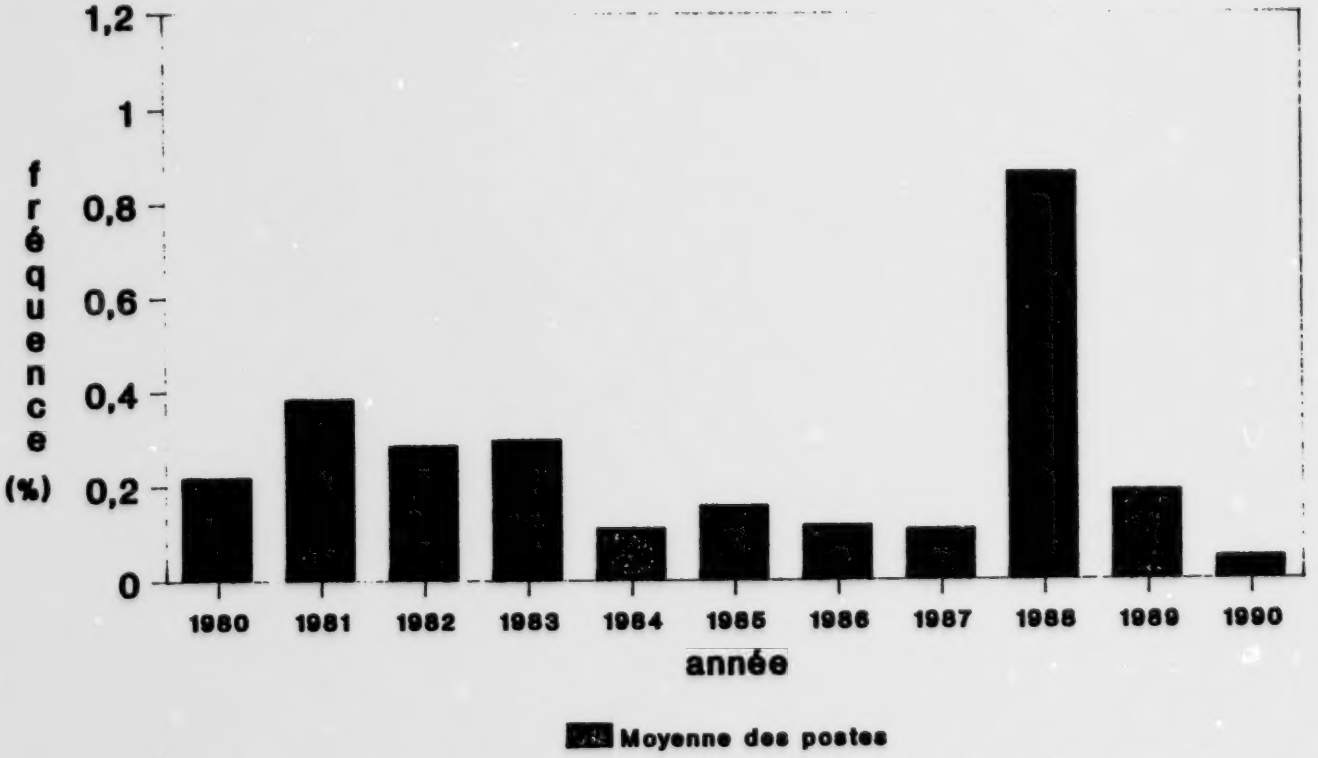
Dépassement de la norme horaire d'ozone

Région de Québec et extra-urbaine



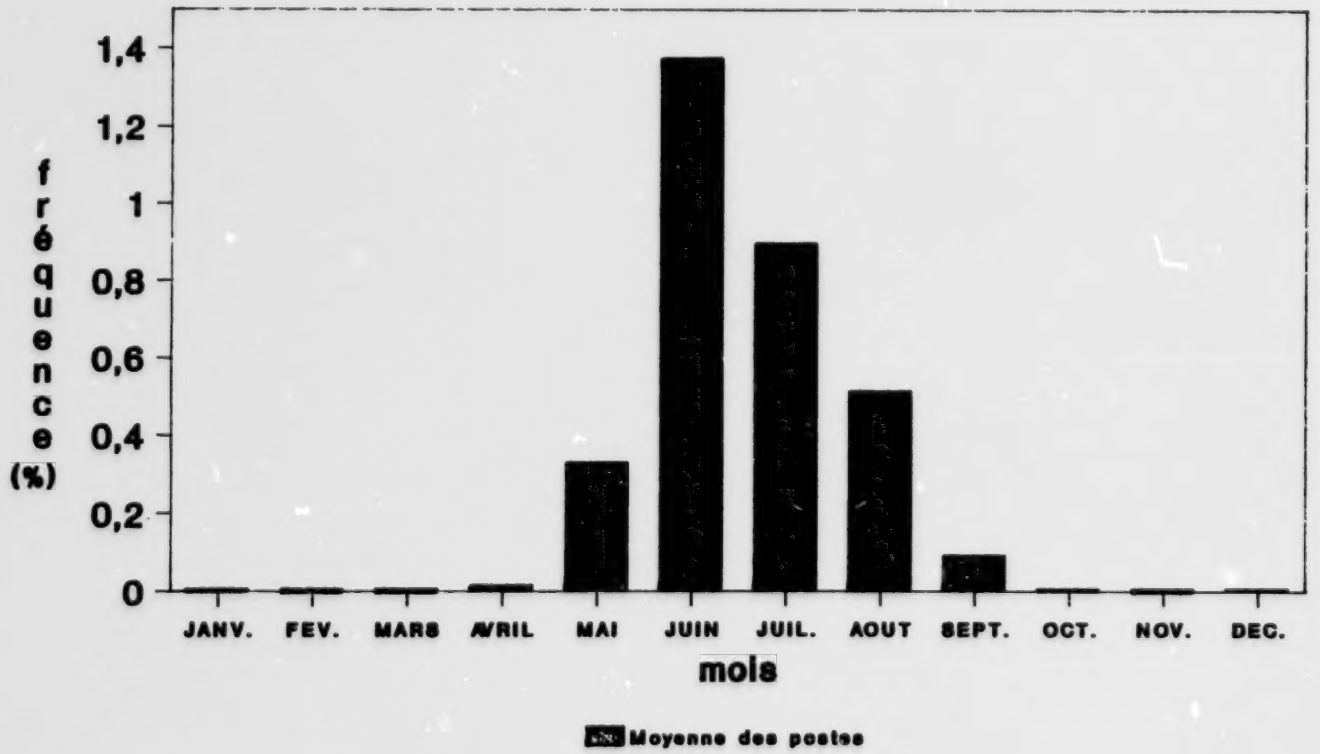
Dépassement de la norme horaire d'ozone

Région de Montréal



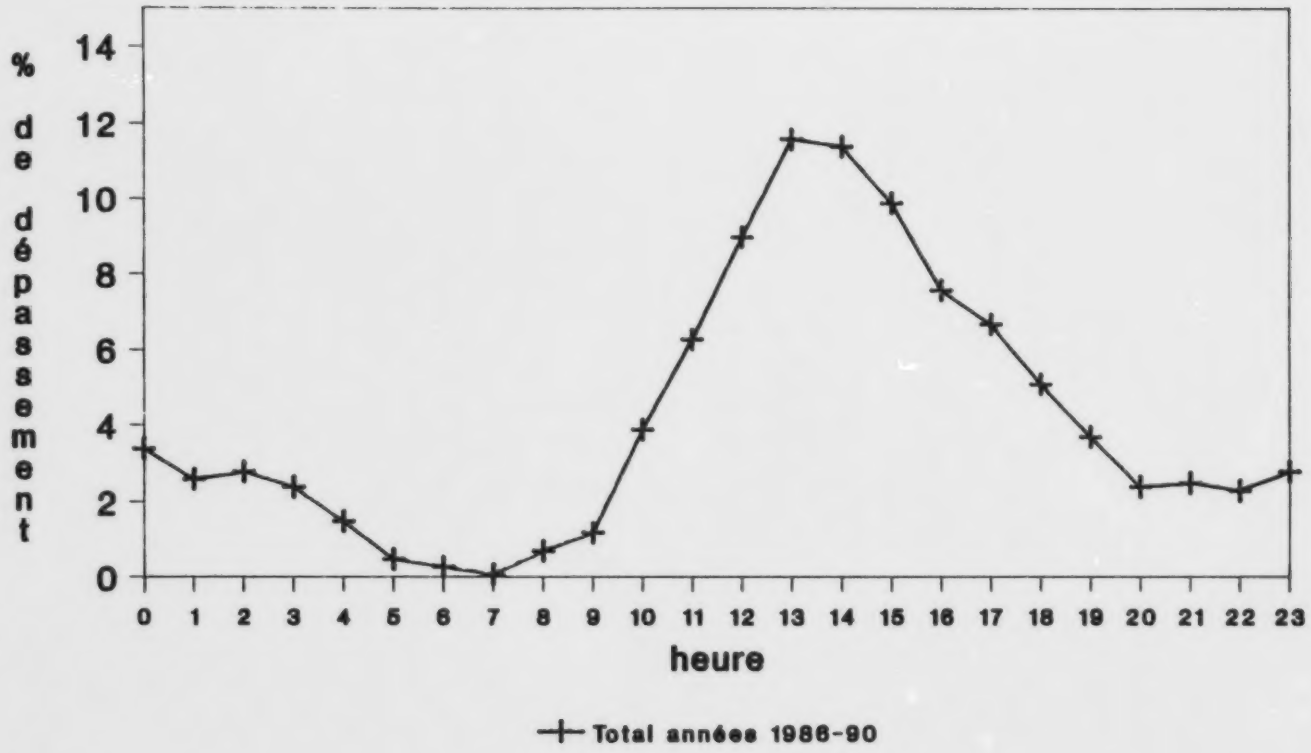
Dépassement de la norme horaire d'ozone

Région de Montréal



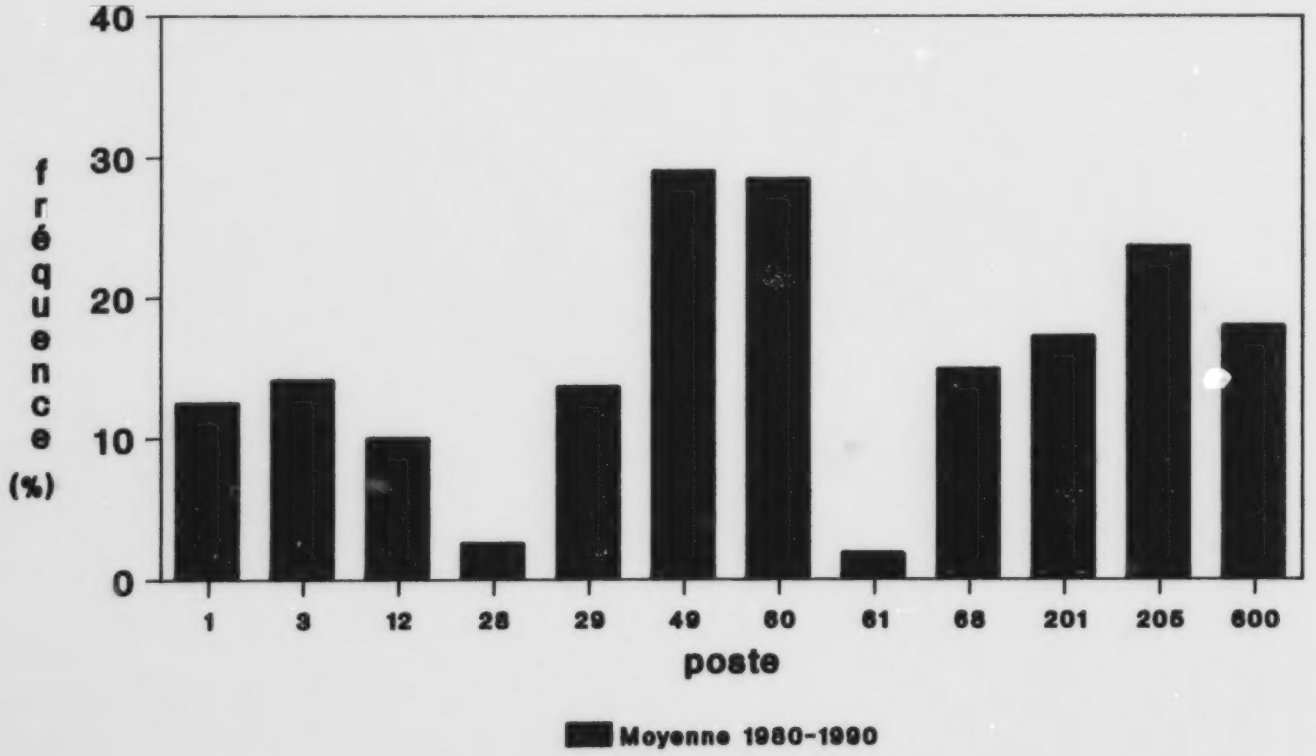
Dépassement de la norme horaire d'ozone

Région de Montréal



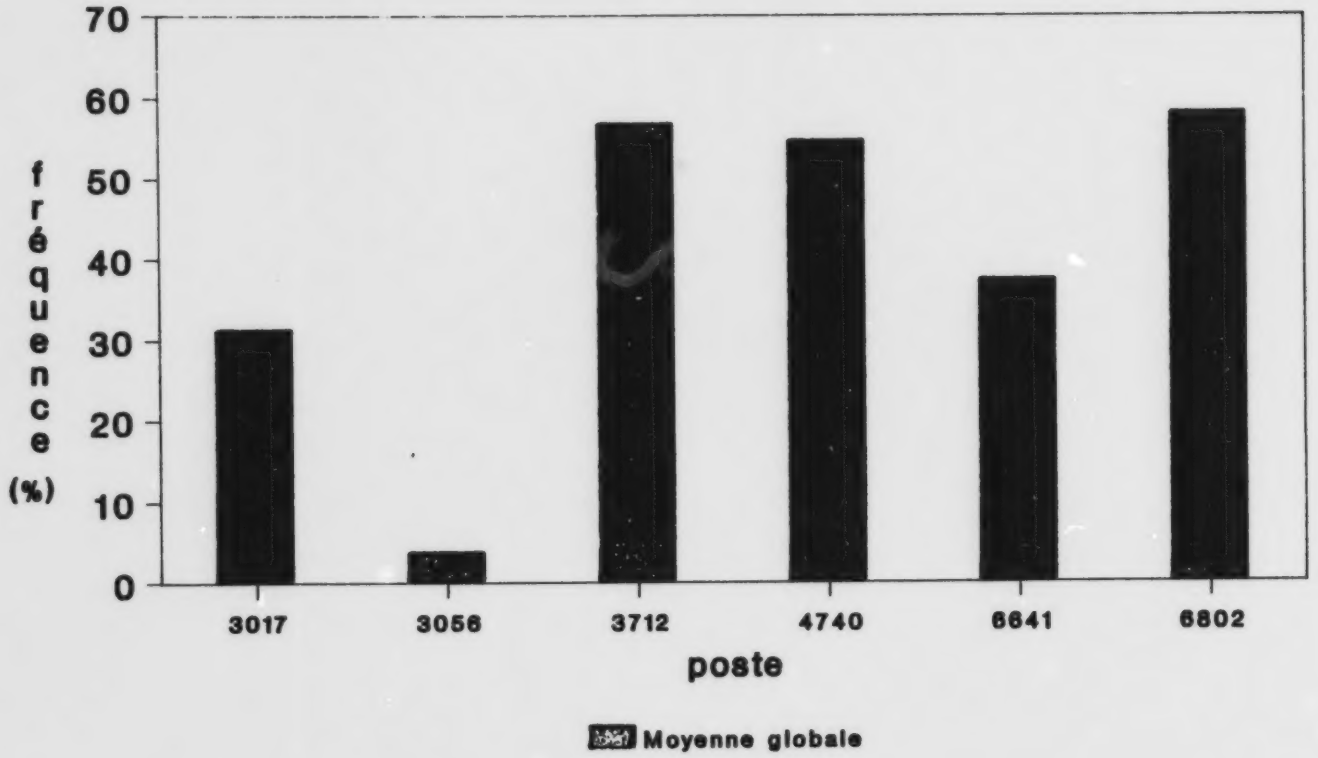
Dépassement-norme quotidienne d'ozone

Région de Montréal



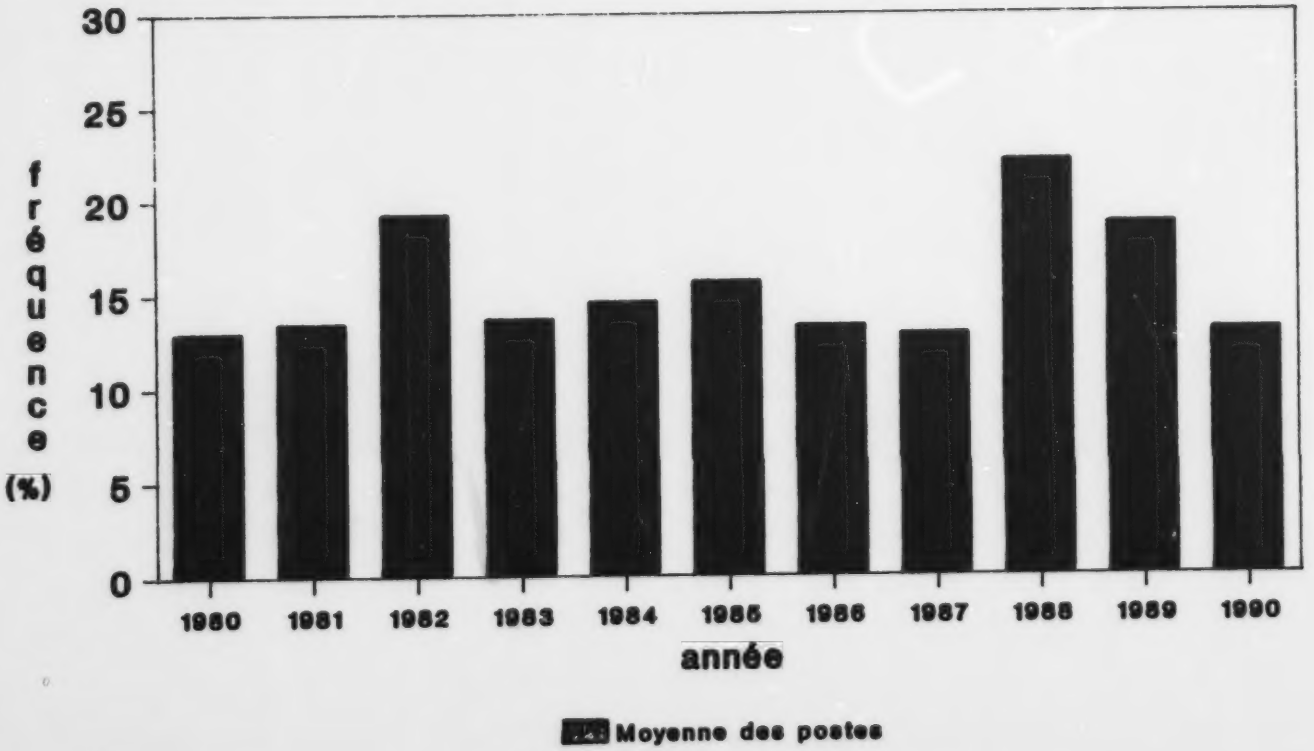
Dépassement-norme quotidienne d'ozone

Région de Québec et extra-urbaine



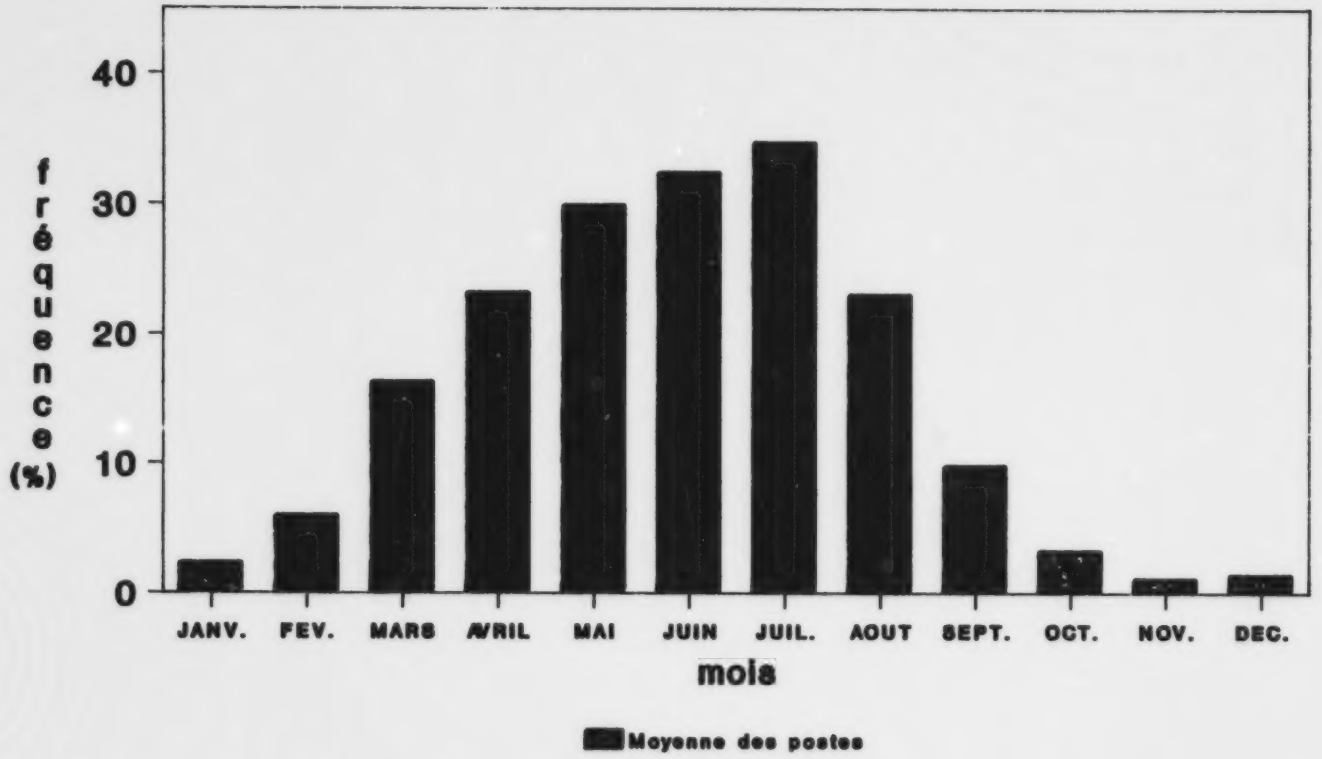
Dépassement-norme quotidienne d'ozone

Région de Montréal



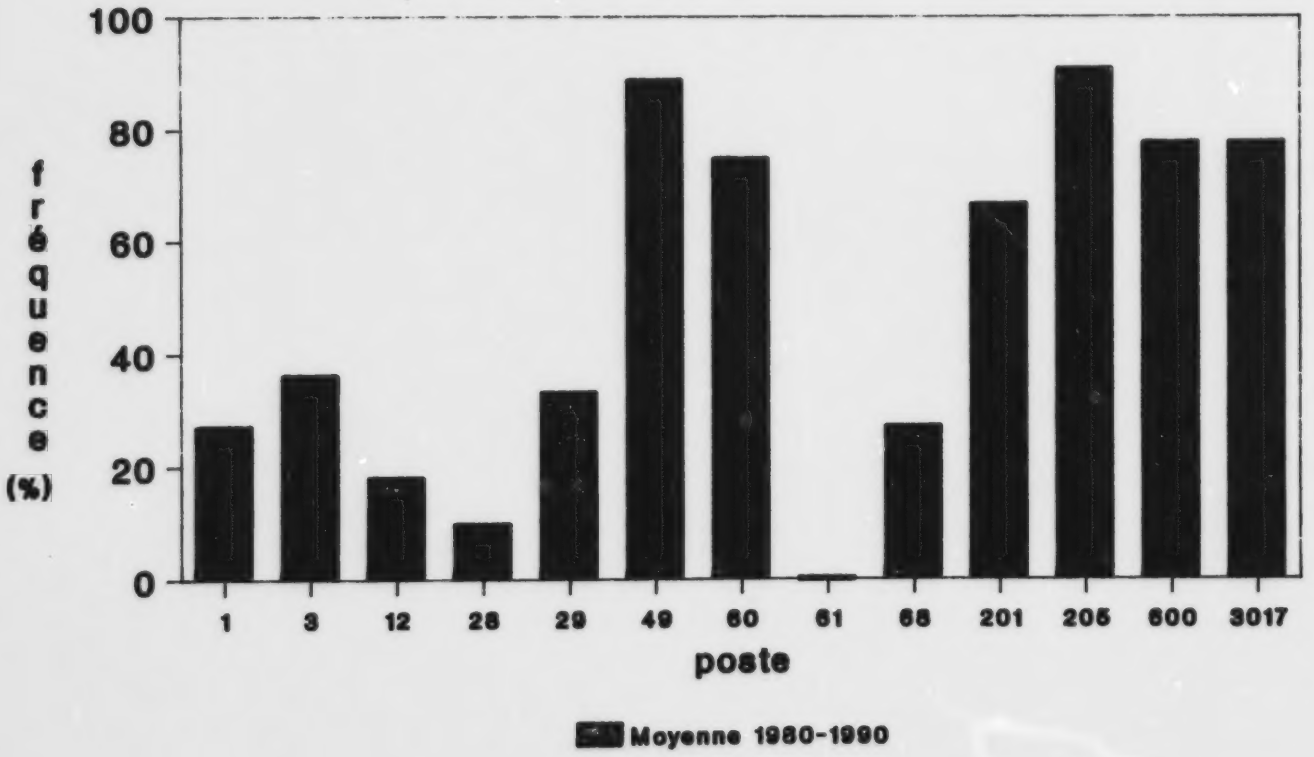
Dépassement-norme quotidienne d'ozone

Région de Montréal



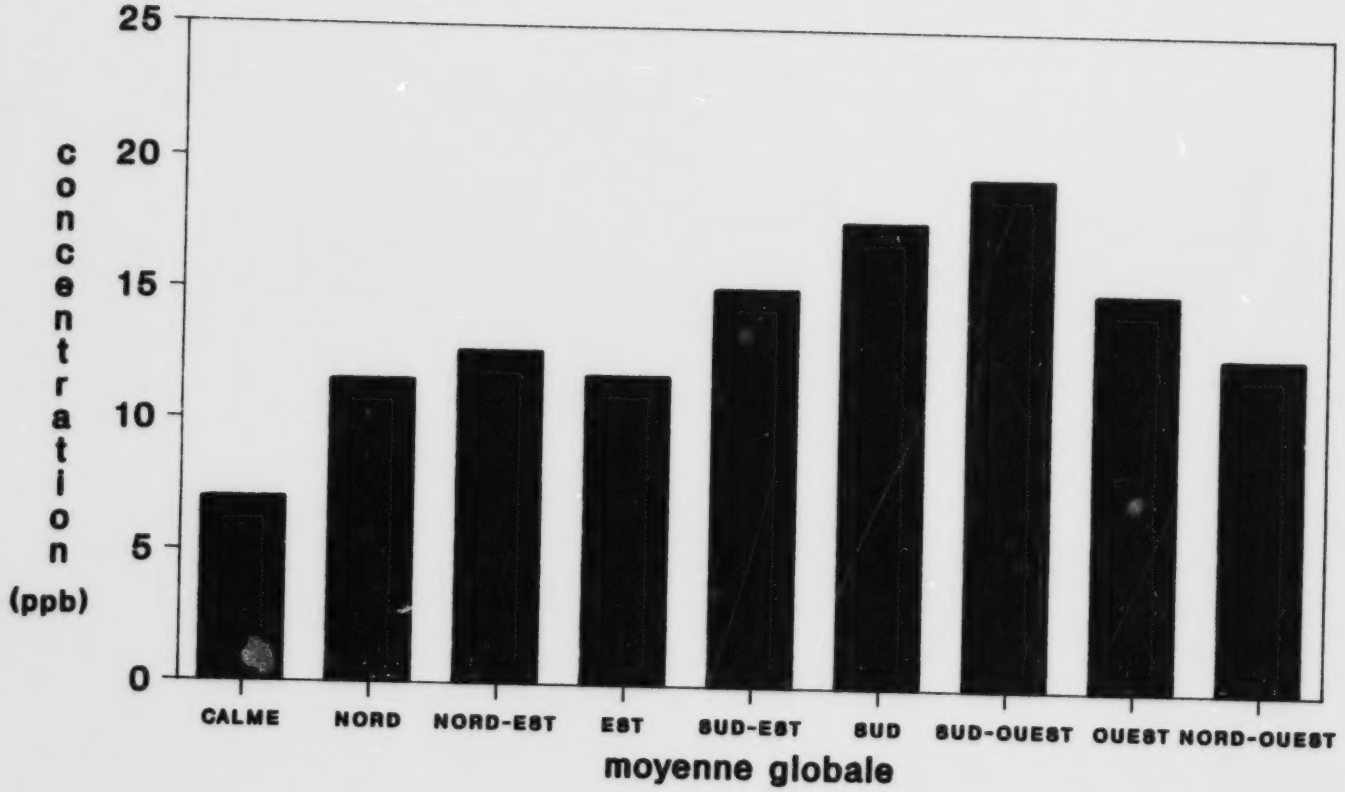
Dépassement-norme annuelle d'ozone

Région de Montréal et de Québec



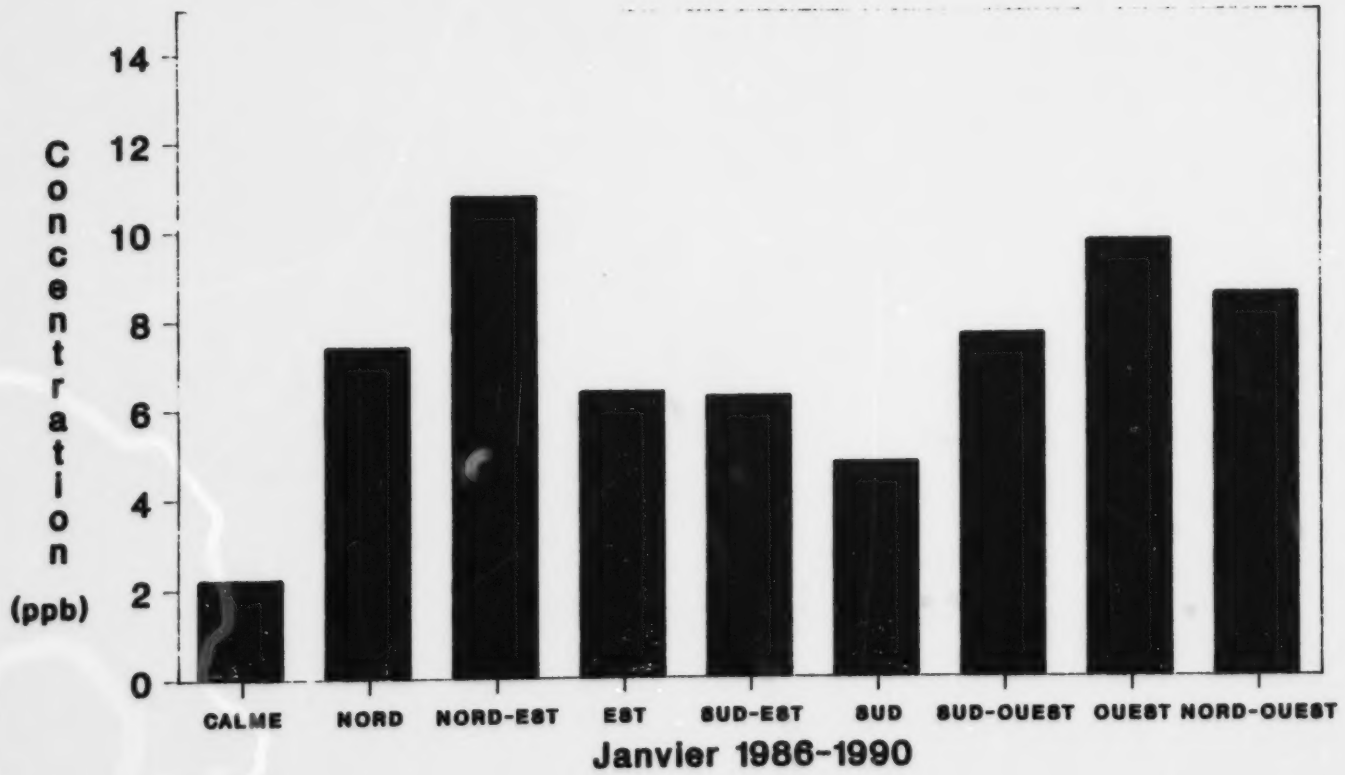
Ozone vs direction des vents

Région de Montréal



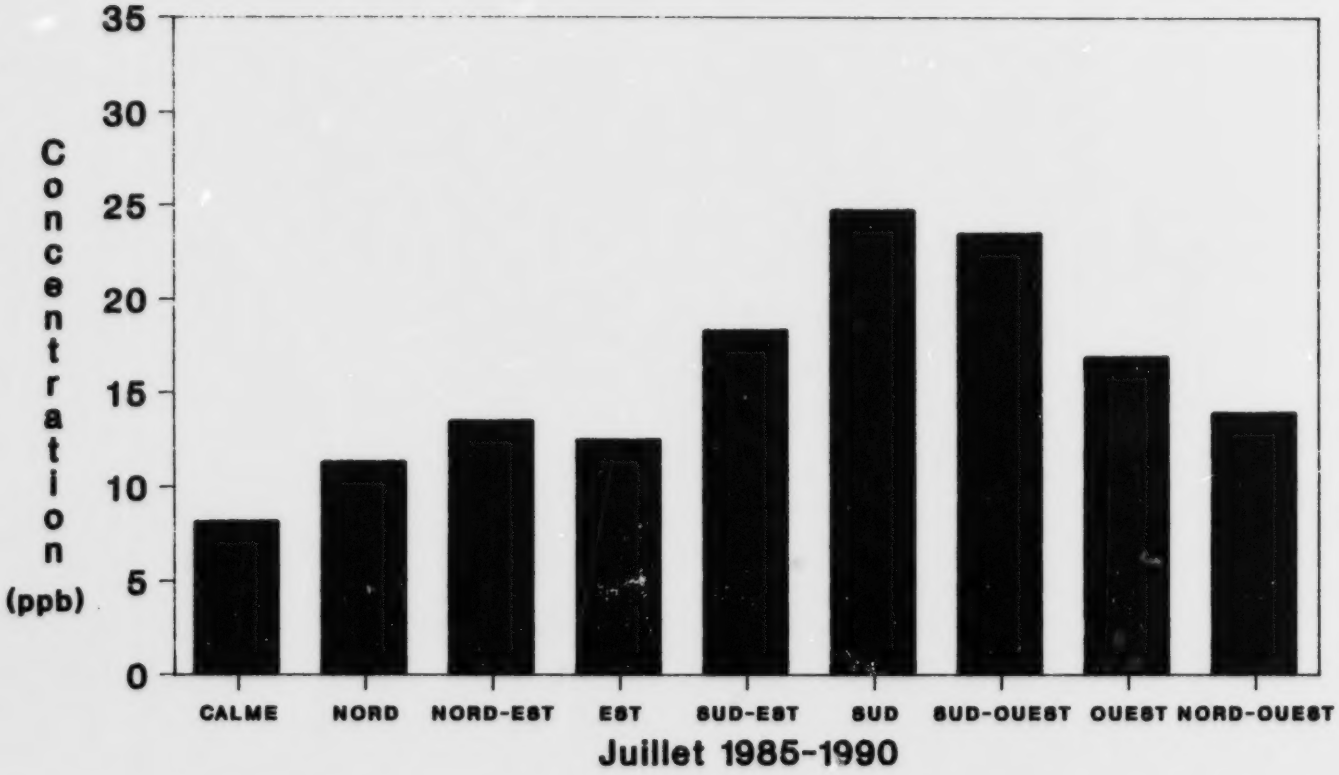
Ozone vs direction des vents

Poste 001-Jardin Botanique



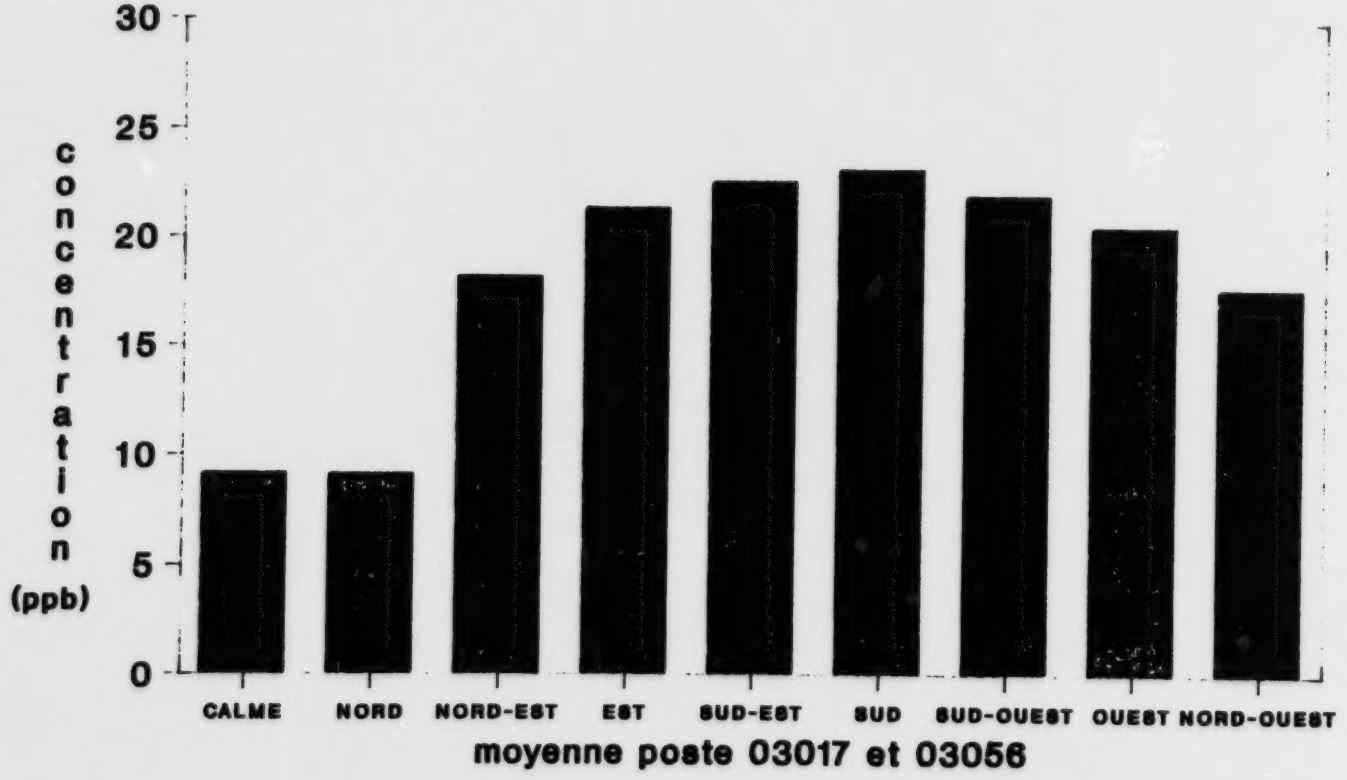
Ozone vs direction des vents

Poste 001-Jardin Botanique



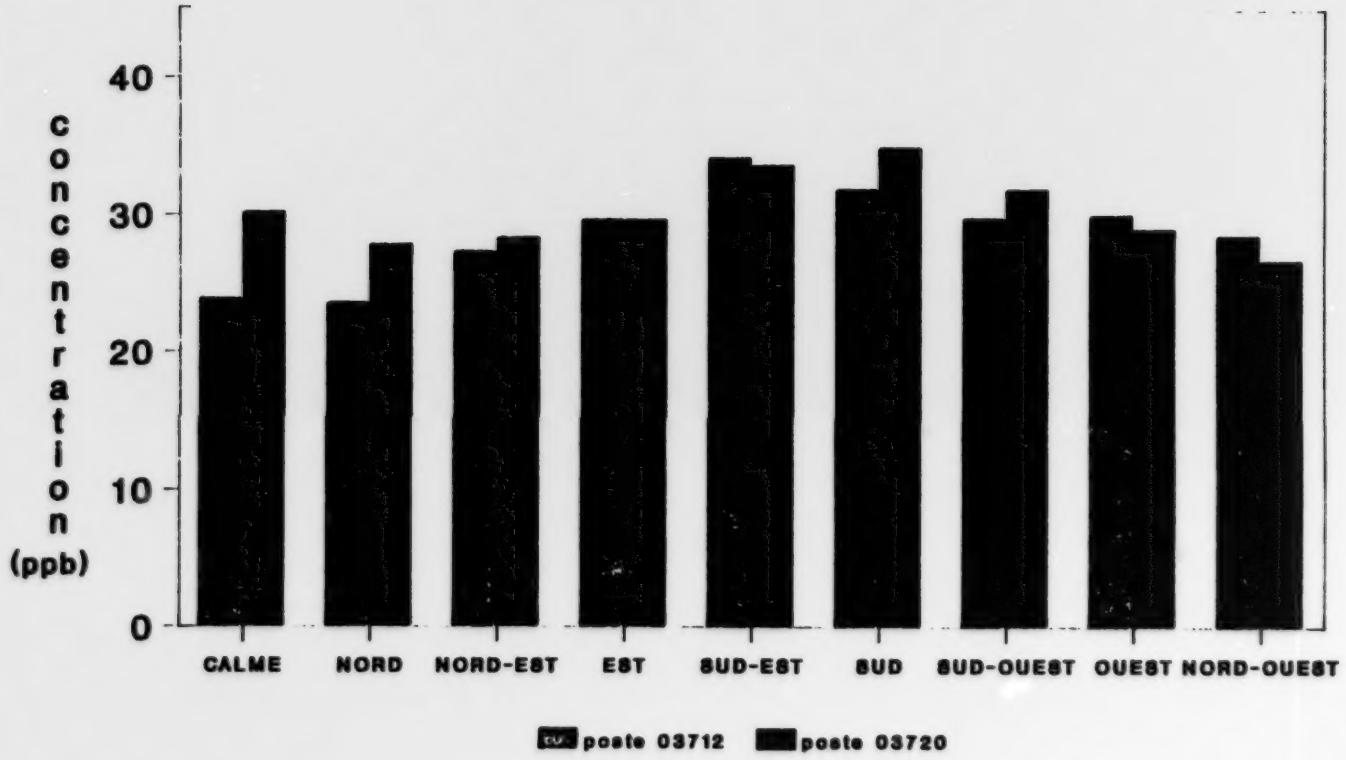
Ozone vs direction des vents

Région de Québec



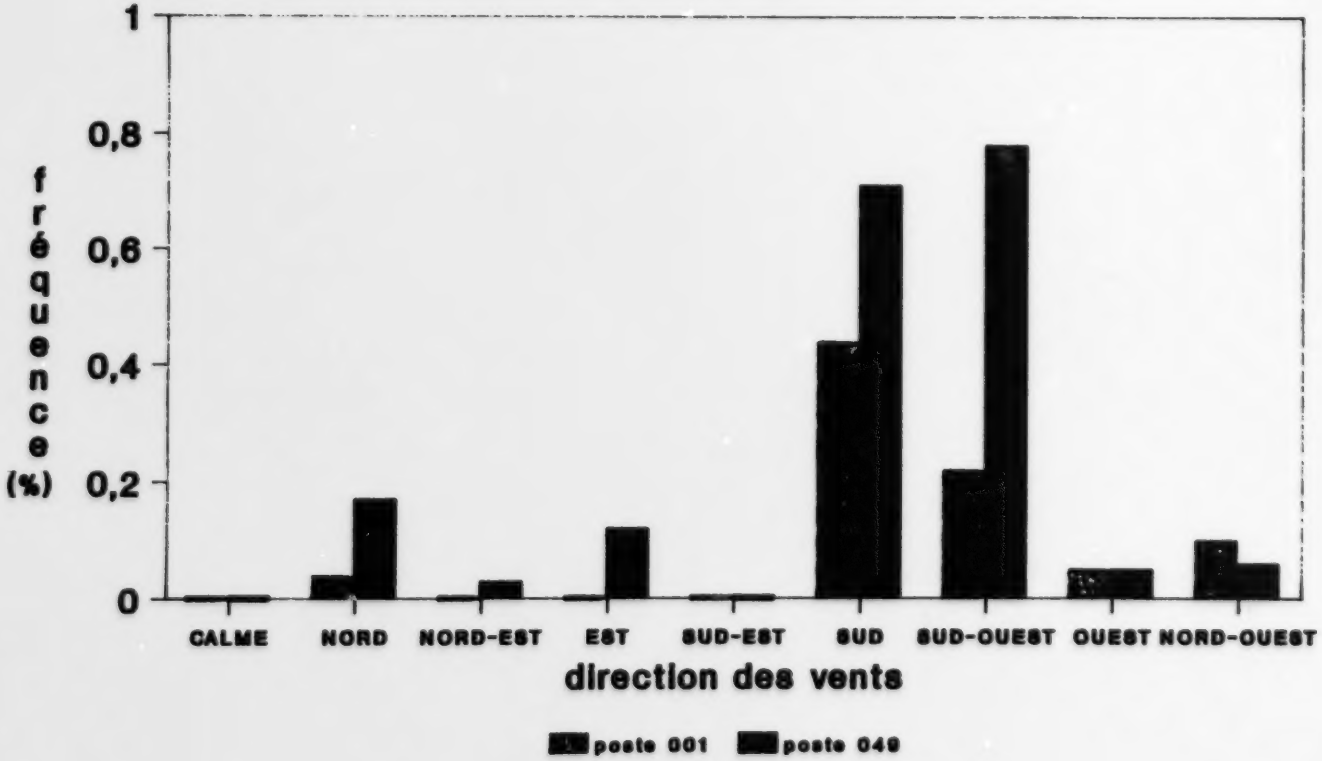
Ozone vs direction des vents

Extra-urbain



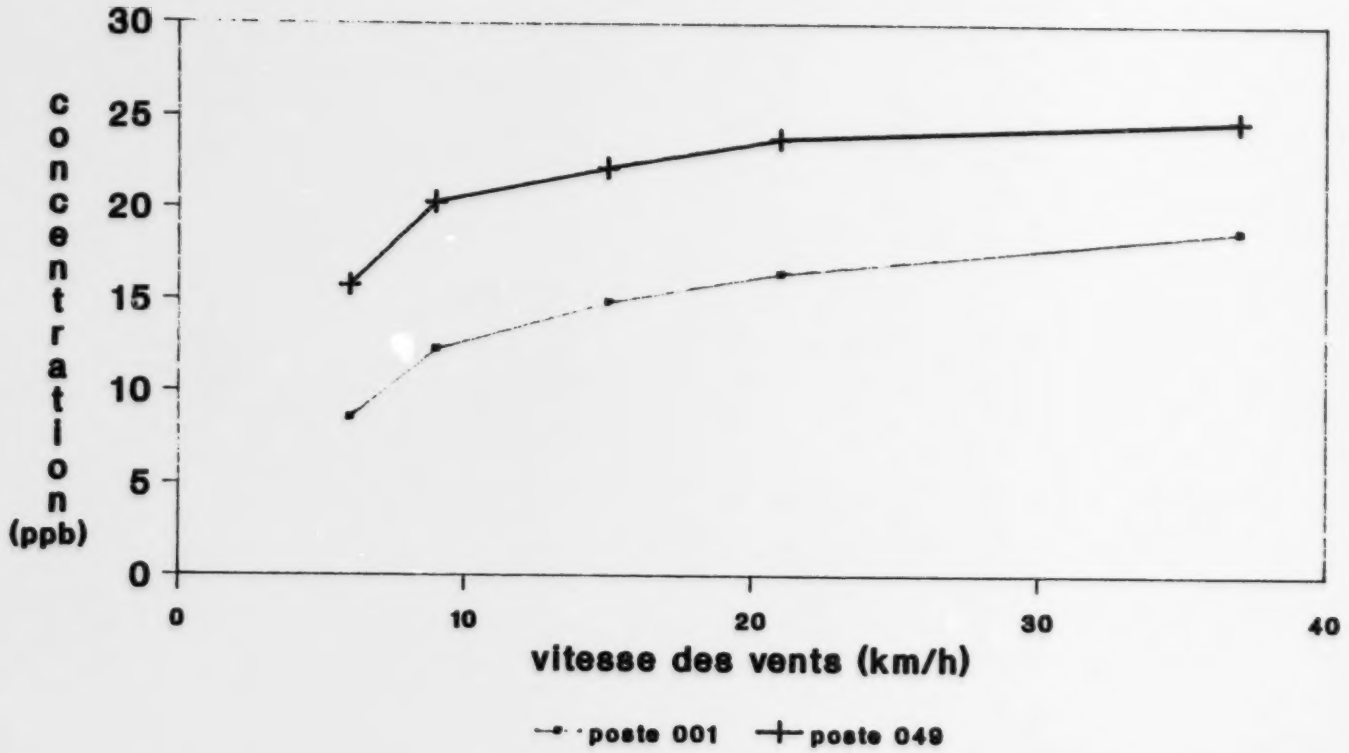
Dépassement horaire d'ozone vs vent

Région de Montréal



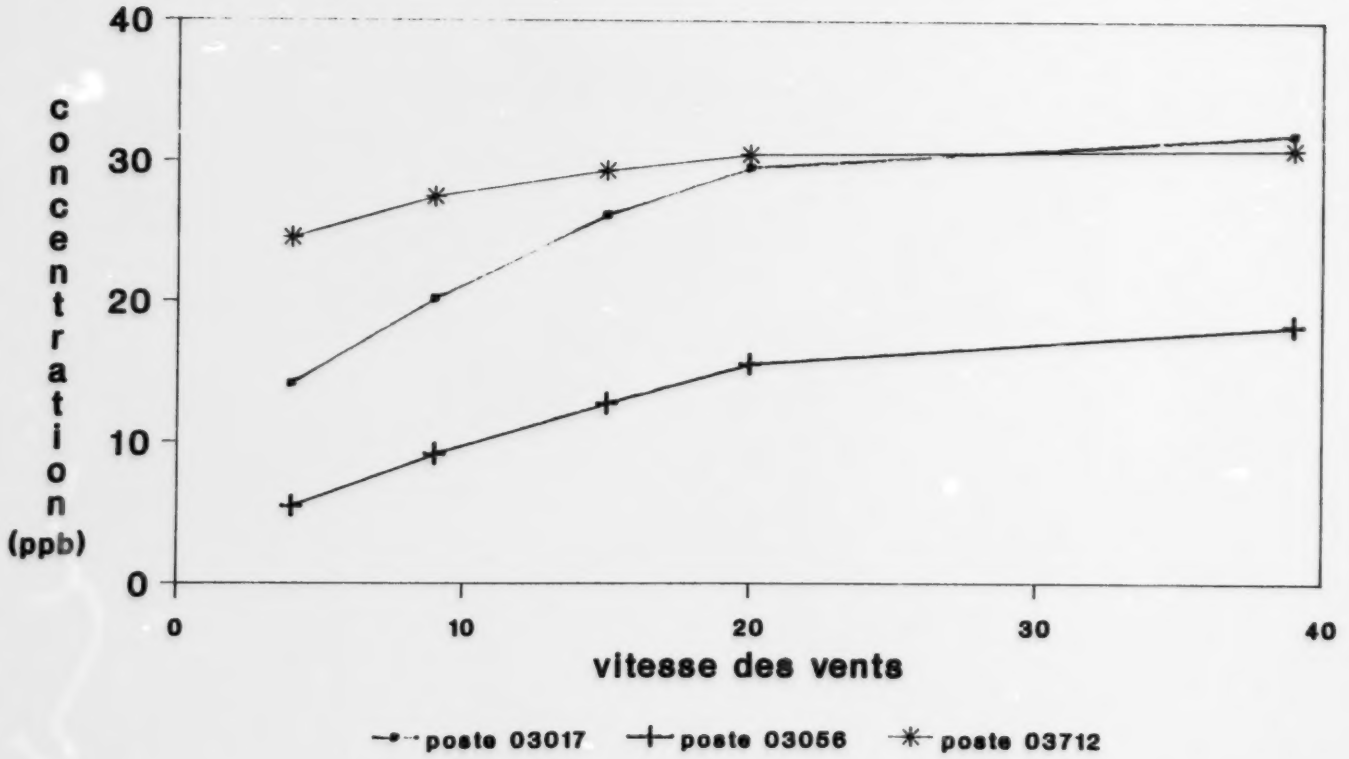
Ozone vs vent

Région de Montréal



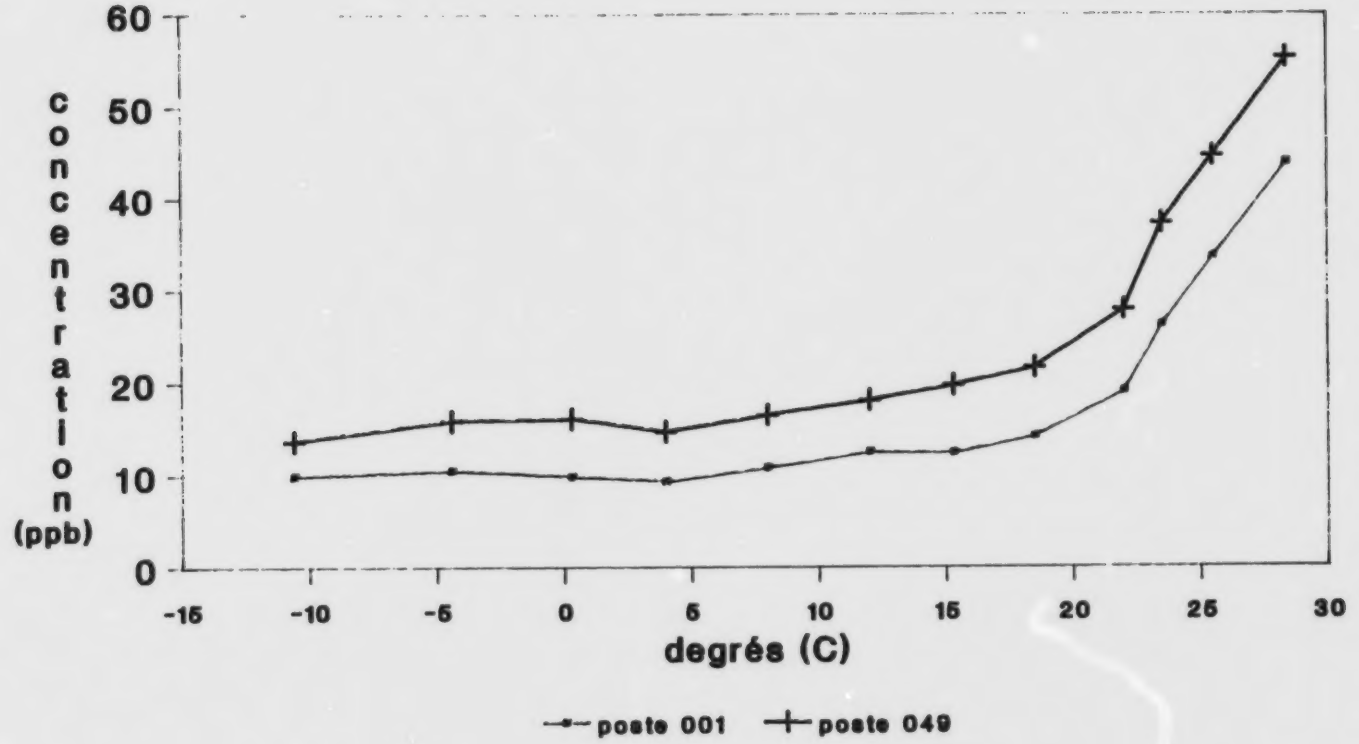
Ozone vs vent

Région de Québec et extra-urbaine



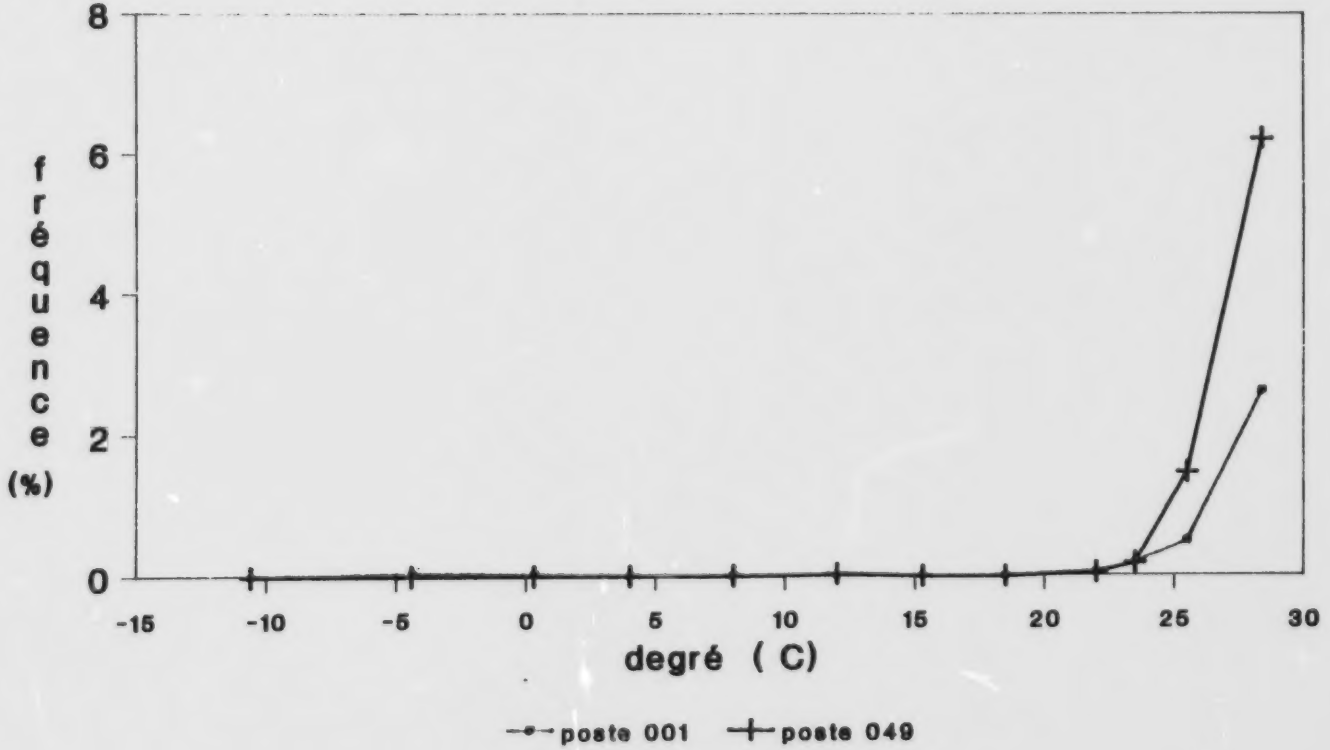
Ozone vs Température

Région de Montréal



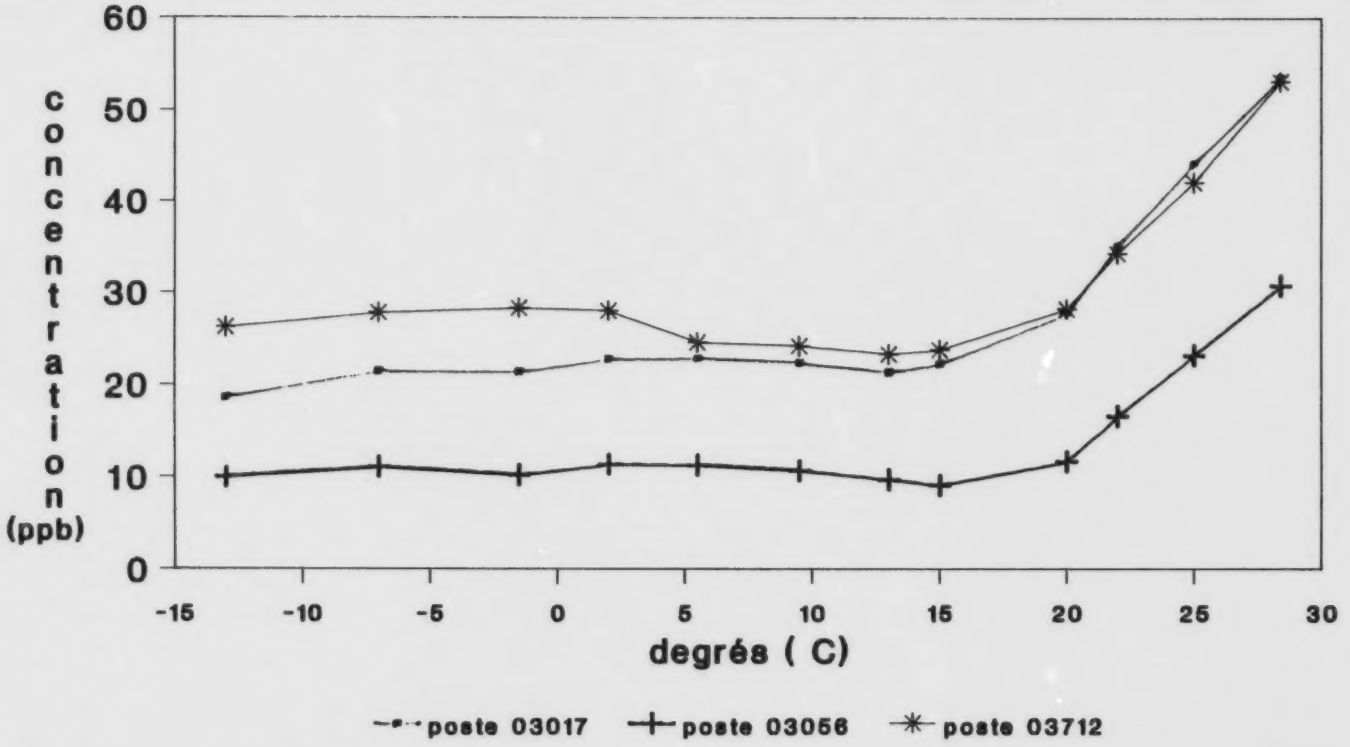
Dépassement horaire O3 vs température

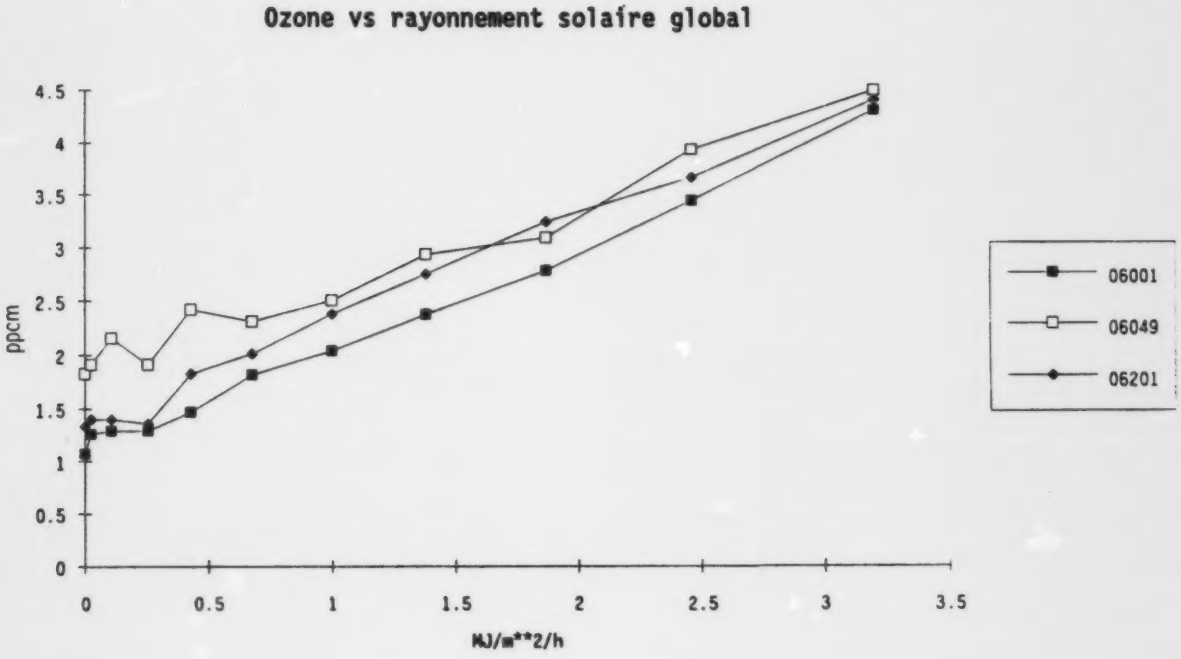
Région de Montréal



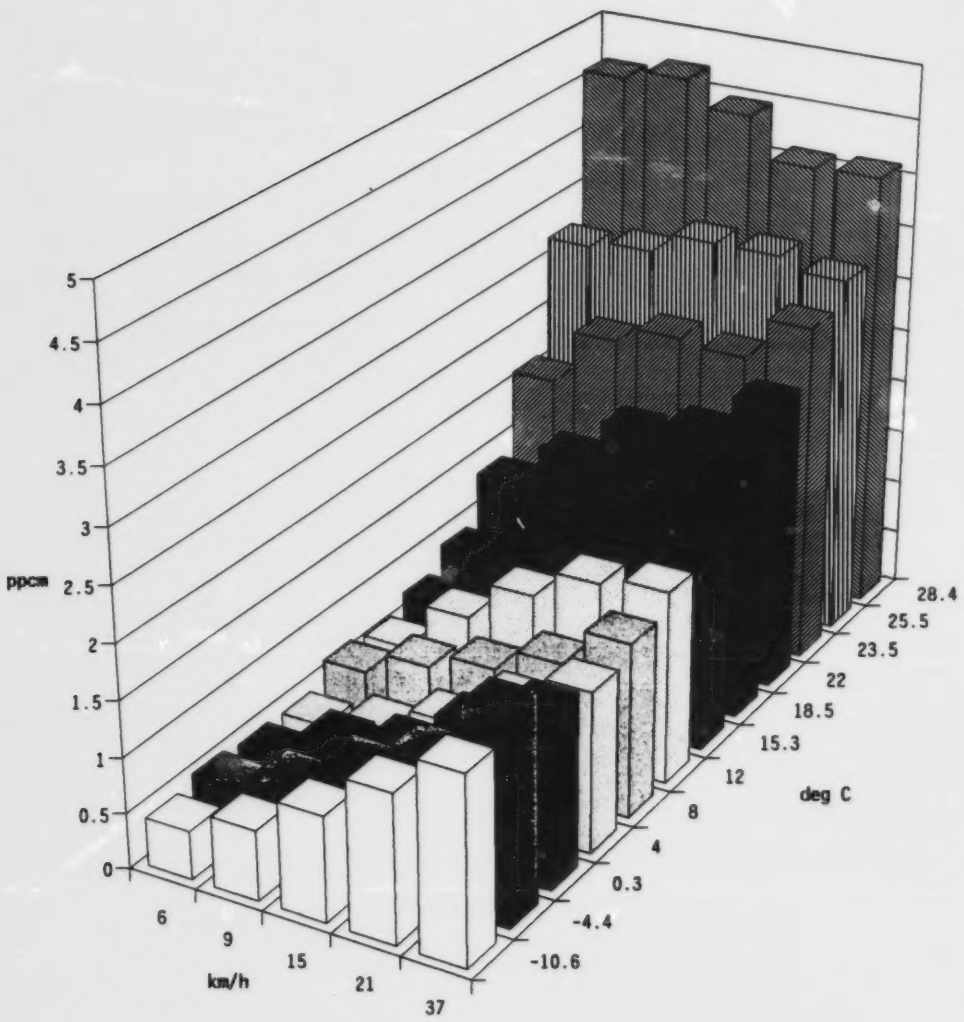
Ozone vs Température

Région de Québec et extra-urbaine

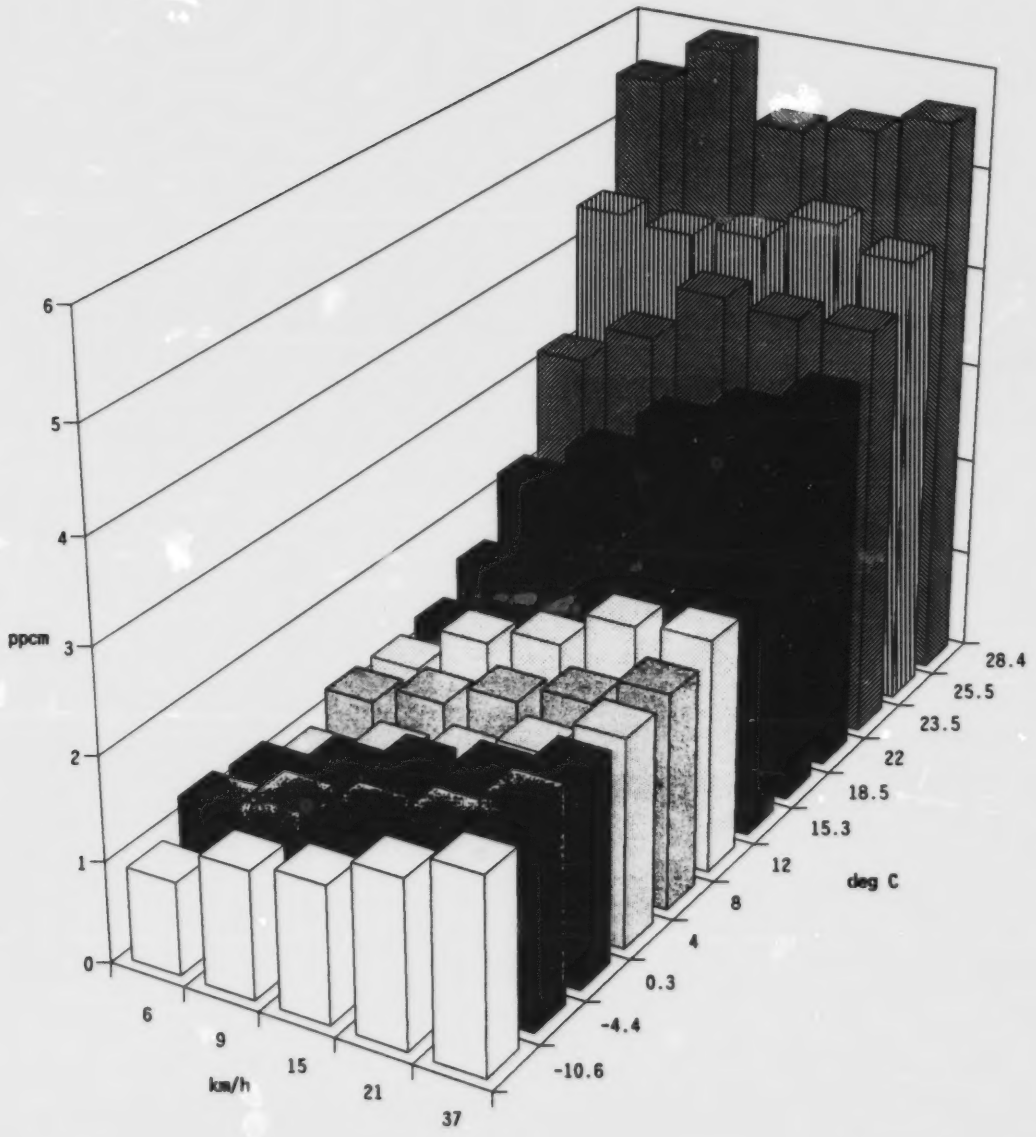



Ozone vs rayonnement solaire global
4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
ppcm
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
MJ/m**2/h
06001
06049
06201

ozone, station 06001



ozone, station 06049



Distribution des épisodes Nombre de stations	Région de Montréal sauf 28 et 61 N	% du réseau	cumulatif (%)
1	186	10	24.3
2	64	20	57.1
3	36	30	70.5
4	33	50	88.4
5	27	70	97.4
6	16	90	100
7	16		
8	7		
9	2		
total	971		

LONG RANGE TRANSPORT OF OZONE AND ITS PRECURSORS IN THE WINDSOR-QUEBEC CITY CORRIDOR

DAVID YAP, DOMINIC MIGNACCA AND DUNCAN FRASER

AIR RESOURCES BRANCH
ENVIRONMENT ONTARIO
125 RESOURCES ROAD, EAST WING
REXDALE, ONTARIO
M9W 5L1

SEPTEMBER 1991

1. INTRODUCTION

Ground-level ozone (O_3) is normally a product of photochemical smog in which nitrogen oxides and hydrocarbons (volatile organic compounds) react in the presence of sunlight. It is not directly emitted into the atmosphere in significant amounts but rather it tends to be formed downwind of the precursor sources and is capable of travelling long distances through the atmosphere. As a result, O_3 is often a manifestation of the long range transport of air pollution and is strongly linked to the synoptic weather patterns and meteorological factors. This is particularly evident in eastern Canada where imported O_3 and its precursors from the United States can contribute appreciably to O_3 episodes in the Windsor-Quebec City Corridor (WQC) and the southern Atlantic Region. Here, the Windsor-Quebec City Corridor is defined to be a relatively narrow band (about 100 km wide) along the north shores of Lake Erie, Lake Ontario and the St. Lawrence River in Ontario, and continuing along the St. Lawrence River from the Ontario border to Quebec City in Quebec (CCME, 1990, see Fig. 1). In this paper, the role of long-range transport in O_3 episodes in the WQC corridor is examined with emphasis on studies in southern Ontario. Some of the data from southern Quebec are also examined. In addition, the July 1988 ozone episode is analyzed for major cities in the corridor.

2. OZONE EPISODES IN SOUTHERN ONTARIO

The ozone trend and life-cycle over southern Ontario have been studied by numerous researchers since the mid-1970's. At present, there

is a network of 47 ozone stations in Ontario to investigate the potential of long-range transport of ozone into Ontario and to provide information to assess the damage of ozone to crops. Results from this network for the past decade (based on 23 stations where a 10-year record exists) show that, except for 1988, the provincial mean O_3 level has remained relatively constant. There is some variability at specific sites but no apparent trend. The data also show that Ontario's air quality criterion for ozone (80 ppb 1-h average) is frequently exceeded (Fig.2). There is no particular trend in these ozone excursions but in 1988, summer ozone levels were unusually high, and exceedances occurred most often.

Ozone exceedances are confined to the warm season, May to September, and are associated with "warm" and relatively cloud-free air masses and air flows from the southwest sector. For such weather conditions to develop, southern Ontario must occupy some specific position in relation to migratory synoptic pressure systems. Elevated ozone levels which tend to cover large regions of eastern North America (including southern Ontario) are found typically on the rear sides of anticyclones or in the warm sectors of cyclones (Fig. 3). For southern Ontario, three specific pressure patterns accounted for 73% of the elevated O_3 levels, namely, "back of the high", the vicinity of the quasi-stationary high pressure centre or ridge and the warm sector of tropical frontal waves. The aerial extent, speed of travel and exact motion of synoptic pressure systems will thus affect the frequency and duration of O_3 episodes over southern Ontario from year to year.

To analyze O_3 episodes and their relationship to meteorological conditions, "episode-days" are defined as days on which widespread (hundred of kilometres) elevated O_3 levels (greater than 80 ppb maximum hourly concentration) occur simultaneously at eight or more monitoring sites and "episodes" are defined as distinct events associated with episode days. "Episode-days" in southern Ontario for the period 1979-1990 occurred on average 15 times per year with a maximum of 36 such days in 1988 and a minimum of 7 in 1982. About 82% of the episodes were of one or two days duration; 12% of 3 and 4 days duration; 4% of 5 days duration; and less than 2% were of 7 and 8 days duration. The longest episode lasted 8 days and occurred in June 1983. The analysis of O_3 episode days using 2-day back trajectories of air parcels for 1979 to 1985 (Yap et al., 1988), indicated that trajectories generally reach southern Ontario from the south/southwest paths over heavily industrialized and urban areas of the U.S., which are potential source regions of O_3 and its precursors. In addition, episodic conditions in southern Ontario for the period 1979-1990 invariably occurred with flows from the U.S. (about 95% of the cases during the 12-year period). Fig. 4 shows the back-trajectories for southern Ontario for the 36 episode-days in 1988. The widespread occurrences of elevated O_3 levels in southern Ontario are often not unique to Ontario at any given time, but are possibly manifestations of the northern extent of the O_3 problem in eastern North America.

It has also been established that high concentrations of O_3 can be generated and transported downwind of moderate to large cities. For

southern Ontario, such an effect has been noted previously for areas to the east and northeast of Metropolitan Toronto and the Detroit-Windsor-Sarnia area. There is also often a depression of O_3 levels in the urbanized Toronto-Hamilton area which can be attributed to local scavenging by NO. Climatologically, it would seem that for southern Ontario, local impacts on O_3 levels are generally small and, therefore, local control measures will be relatively ineffective in lowering exceedances of the air quality criterion for O_3.

In summary, an examination of ozone data in Ontario for the past 12 years indicates that there is no apparent long term trend in ground level ozone concentrations. This is consistent with the relatively constant NO_x emission rates in the region, although there is no solid information on the concurrent variations of hydrocarbon emission (the other precursor of ozone). Meteorological analysis of the ozone data has clearly demonstrated the importance of emission sources in the United States to ozone air quality standard violations in southern Ontario.

3. ELEVATED O_3 LEVELS IN SOUTHERN QUEBEC

A preliminary analysis of the O_3 data for the 9-year period 1982-1990 during the months of April to September for sites in Montreal (Pointe-Aux-Trembles) and Quebec City (Blvd St. Cyrille) indicated the following statistics. The Montreal site experienced an average of 5 exceedances of the 82 ppb Federal standard per year with a maximum of 11 in 1982 and none in 1983. The Quebec City site experienced an average of

approximately 3 exceedances per year with a maximum of 11 in 1982 and none in 1984 and 1987. These are considerably lower than those experienced over southern Ontario during the same period. Nevertheless, the fluctuations in annual exceedance days would suggest that meteorology is also a key factor in determining episodic O_3 occurrences in southern Quebec.

4. AN OZONE EPISODE CASE STUDY - JULY 1988

During the 7 day period July 4-10, one of the most severe and long-lasting ozone episode occurred over southern and northeastern Ontario. An analysis of the episode is presented with focus on the principal cities in the Windsor-Quebec City Corridor (WQC).

4.1 METEOROLOGICAL CONDITIONS

At the surface, during July 2-4, a weak poorly defined pressure gradient began to develop over most of eastern North America. By July 5 a well defined, very broad high pressure formed with its center drifting southeast of the Great Lakes until July 10. The aerial extent of the high affected most of eastern North America (Fig. 5). In southern half of Quebec, however, a quasi-stationary front persisted during most of the episode. On July 10 the high began to collapse and move eastward in response to an approaching NE-SW cold front that moved across southern Ontario and southern Quebec early on the morning of July 11.

Thus the surface weather pattern corresponded to southern Ontario and southern Quebec being positioned on the west side of a high pressure that stalled southeast of the Great Lakes. The 7 days duration of the episode is attributed to the stalled high pressure and its ability to sustain weather conditions and air flows favourable to elevated ozone levels over the region. Observations indicate that the air mass covering most of eastern North America during the episode was very warm (25-35 C) and relatively dry (8-20 C dew points) throughout the boundary layer with mixing heights in excess of 3000 m.

4,2 TRAJECTORY ANALYSES

Back-trajectory analyses that consider the meteorological conditions encountered along the complete trajectory path (average maximum temperature (Tmax), dew point, cloud cover and trajectory speed) were performed for Windsor, Toronto, Montreal and Quebec City. The results are presented in Figure 6.

A striking feature of the weather along the trajectory paths are the low dew points during the first 4 days of the episode (July 4-7) and the high Tmax encountered throughout the episode. The fact that dew points were low, may have allowed more sunlight to reach the surface and thus eventually lead to much higher air temperatures. Since some of the chemical reactions of the ozone photochemistry are temperature dependent (Carter et. al., 1979), the high Tmax may have led to a higher ozone

production rate. This may in part account for the very high daytime peak O_3 levels experienced over southern Ontario.

The analyses indicate that: (1) most back-trajectories originate from the SW sector and from Ontario, and that as the episode progressed, the trajectory path gradually veered from the south on July 5 towards the west by July 9-10; (2) daytime peak O_3 levels gradually increased from the beginning of the episode, peaked on July 7 and then decreased; (3) daytime peak O_3 levels and Tmax were much higher for Windsor and Toronto than for Montreal and Quebec; (4) most back-trajectories for Montreal and Quebec originated in the vicinity of the Great Lakes whereas back-trajectories for Windsor and Toronto originated much further south.

Since cloud cover and travel speed were relatively constant during July 4-7, two main factors may account for the trend in daily O_3 maxima for Windsor and Toronto: the gradual increase in Tmax; and the westward veering of the path of trajectories over high density precursor emission areas (Fig. 6). The fact that daytime peak O_3 levels are lower for Montreal and Quebec than for Windsor and Toronto appears to be related to the origin and path of the trajectories and the prevailing weather conditions. For Montreal and Quebec, the trajectories originated in the vicinity of the Great Lakes and thus traversed areas of lower ozone precursor emissions. This result supports the concept that Windsor and Toronto are located often within the northern edge of the ozone problem in eastern America.

Analysis also indicates that southern Quebec experienced much lower daytime peak O_3 levels than those in southern Ontario (Windsor - 159 ppb, Toronto - 178 ppb, Montreal - 105 ppb and Quebec City - 60 ppb). The lower levels in southern Quebec may be attributed to the fact that 3-day back trajectories did not originate from the SW sector. However, 6-day back-trajectories for July 7, 2000 EDT arrival time do traverse the SW sector. Since most of the more reactive hydrocarbon lifetimes are less than 3 days (Hough, 1986), the SW sector may not be the main emission source area impacting southern Quebec during this episode. The spatial extent of O_3 episodes in the WQC is thus highly dependent on synoptic weather patterns and can vary significantly from event to event.

5. CONCLUDING REMARKS

The Windsor-Quebec City Corridor, which contains approximately 12 million people, experiences elevated ground-level ozone each year during the summer months. The spatial extent of O_3 episodes in the corridor is however, highly dependent on synoptic weather patterns which vary from year to year. Nevertheless, studies for the past 15 years indicate that the areas of southern Ontario are impacted more frequently by elevated O_3 levels than regions in southern Quebec. This is likely caused by the typical track of summertime anticyclone weather systems south of the Lower Great Lakes. In addition, the areas of southern Ontario are also immediately downwind of significant anthropogenic precursor source

regions. Long-range transport of O_3 and its precursors thus play a dominant role in the resultant O_3 levels in the Corridor.

6. REFERENCES

Carter, W.P.L., Winer, A.M., Darnal, K.R. and Pitt, J.N. (1979). Smog Chamber Studies of Temperature Effects in Photochemical Smog. Env. Sci & Technology, 13, 1094.

CCME (1990). Management Plan for Nitrogen Oxides (NO_x) and Volatile Organic Compounds (VOCs), Phase 1, Nov. 1990. Canadian Council of Ministers of the Environment.

Hough, A.M. (1986). The Production of Photochemical Pollution in Southern England and the Effects of Vehicle Exhaust Emission Control Strategies. AERE Report R-12069.

Yap, D., Ning, D. and Dong, W. (1988). An Assessment of Source Contributions to the Ozone Concentrations in Southern Ontario, 1979-1985. Atmospheric Environment, 22, 1161.

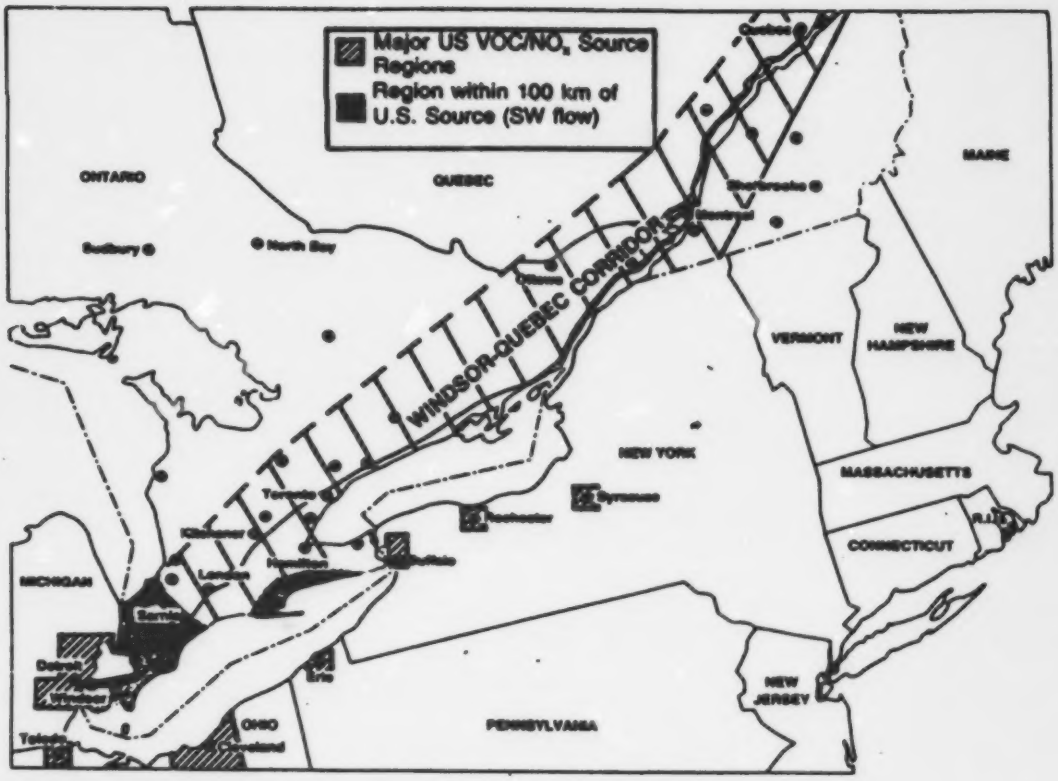


FIG. 1. WINDSOR-QUEBEC CORRIDOR AND LOCATION OF MAJOR U.S. VOC/NOX SOURCE REGIONS NEAR THE GREAT LAKES (C.F. CCME (1990))

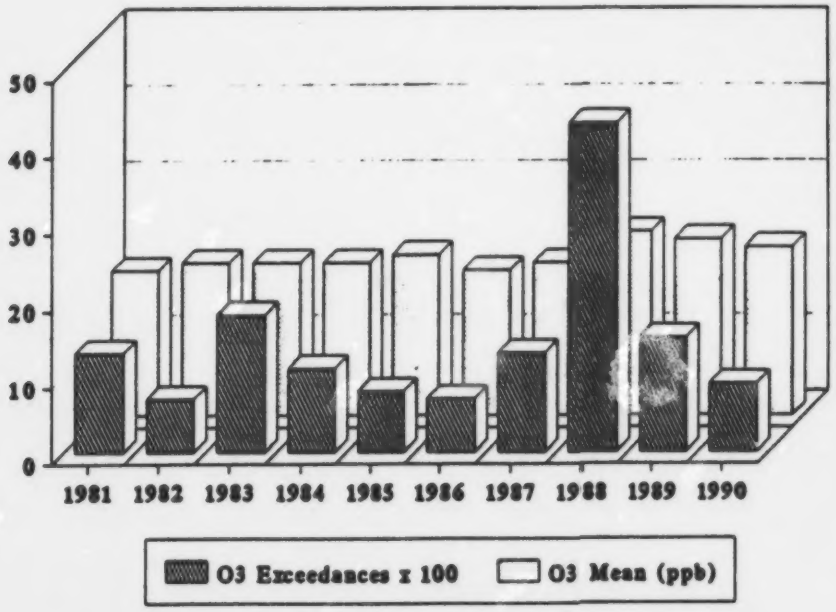


FIG. 2. 10 - YEAR TREND FOR OZONE ACROSS ONTARIO

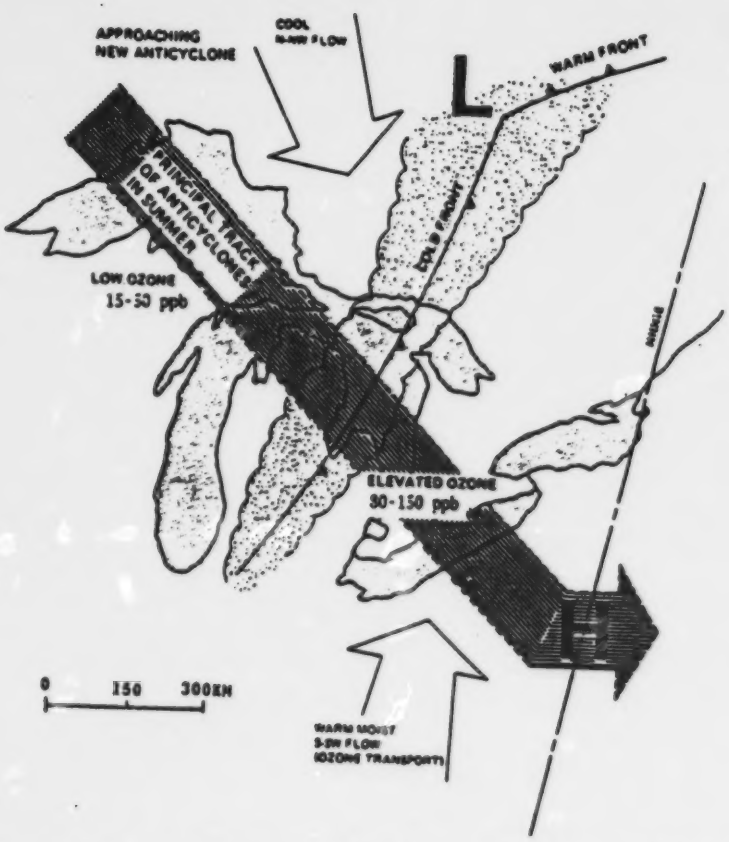


FIG. 3. GENERALIZED SYNOPTIC WEATHER PATTERN OVER SOUTHERN ONTARIO WITH ASSOCIATED TYPICAL OZONE CONCENTRATIONS

FIG. 4. 48-H BACK TRAJECTORIES OF AIR PARCELS ON "EPISODE-DAYS"

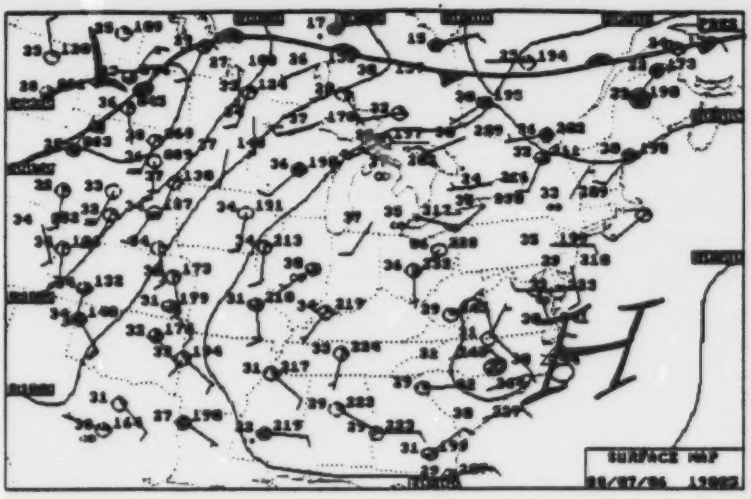
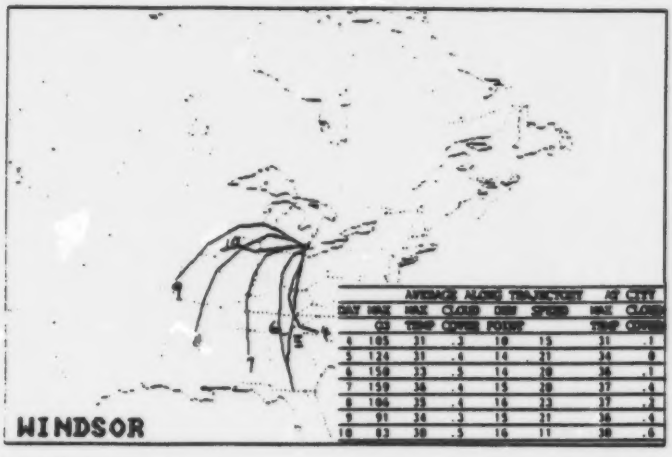
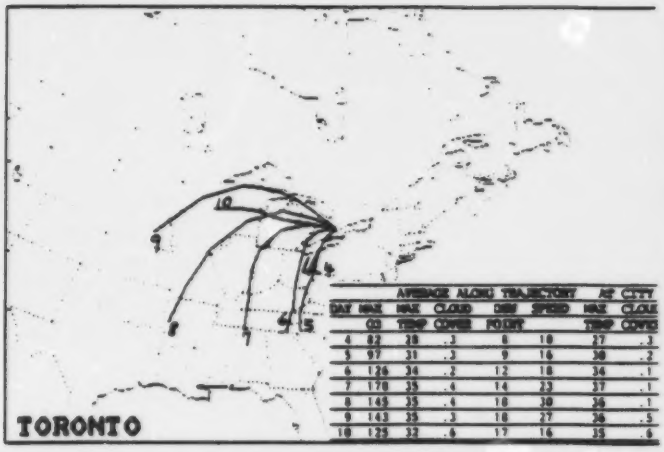
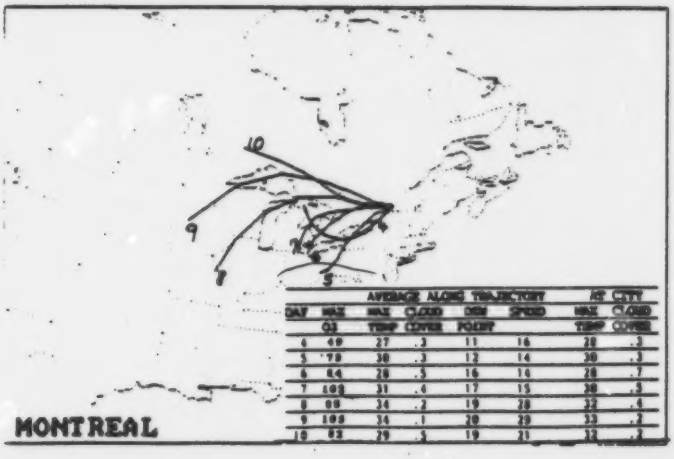


FIG. 5. SURFACE WEATHER MAP FOR JULY 6, 1988, 1500 EDT







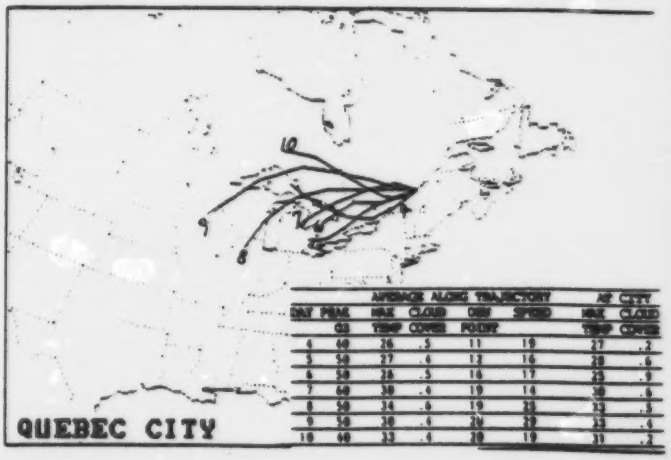


FIG. 6. 3-DAY BACK TRAJECTORIES FOR WINDSOR, TORONTO, MONTREAL AND QUEBEC CITY DURING THE JULY 4-10, 1988 OZONE EPISODE

LES SOURCES D'ÉMISSIONS DES CONTAMINANTS PRÉCURSEURS DE LA POLLUTION PHOTOCHIMIQUE AU QUÉBEC

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT
GOUVERNEMENT DU QUÉBEC

par

MM. Gérard Houle, ing.

Chamrith Chhem, chimiste

Niranth Dy, chimiste

Colloque sur les précipitations acides et sur la pollution par l'ozone (SMOG)

le 5 novembre 1991

Hôtel Reine-Élizabeth, Montréal

NOTES BIOGRAPHIQUES

Gérard Houle, B.Sca. ingénieur gradué de l'Université de Montréal en 1970, a travaillé 7 ans dans l'industrie de la chaux avant de se joindre au ministère de l'Environnement du Québec en 1977 à titre de spécialiste en pollution de l'air; à ce titre il a oeuvré dans les divers secteurs industriels suivants:

- mines et moulins d'amiante
- pâtes et papiers
- alumineries
- raffineries de pétrole
- métallurgie
- ciment et chaux
- chimie inorganique

Chamrith Chhem a obtenu son diplôme d'ingénieur chimiste au Cambodge en 1971 et par la suite a obtenu une maîtrise en technologie alimentaire ainsi qu'un diplôme en administration à l'Université Laval.

Durant sa carrière au gouvernement du Québec, il a travaillé au ministère de l'Industrie et du Commerce avant de se joindre au ministère de l'Environnement du Québec en 1986 au secteur des inventaires des sources d'émissions atmosphériques.

Niranth Dy a obtenu son diplôme d'ingénieur chimiste au Cambodge en 1971. Il a complété sa maitrise en chimie en 1972, son diplôme d'études approfondies de chimie (DEA) en 1973 et son diplôme de docteur ingénieur en 1975 à l'Université de Poitiers en France.

Il a travaillé de janvier 1976 à mars 1977 au laboratoire d'analyse en Environnement à Sept-Iles, d'avril 1977 à juin 1981 à Sidbec Normines inc. à Port-Cartier comme superviseur de l'Environnement et de l'Hygiène industriel et de juillet 1981 à février 1982 à la Commission de la santé et de la sécurité au travail à Sept-Iles avant de se joindre au ministère de l'Environnement du Québec. Depuis lors, il a travaillé surtout dans le domaine de la pollution atmosphèrique.

SOMMAIRE

Le ministère de l'Environnement du Québec exploite depuis 1986 un système informatisé portant sur l'inventaire des émissions atmosphériques qui permet de répondre à des besoins toujours croissants dans ce domaine d'activité.

Le présent rapport décrit succinctement le développement et la structure du système informatisé de l'inventaire. Il décrit également les différents secteurs d'activités inventoriés, les sources d'émissions, la méthodologie, les modes de cueillette d'informations ainsi que les émissions de composés organiques volatils (COV) et des oxydes d'azote (NOx) pour les années 1985 et 1990.

Au Québec, les émissions anthropiques et diffuses totalisaient en 1985, 219 340 tonnes de NOx et 324 980 tonnes de COV. Pour l'année 1990, les émissions de NOx et de COV étaient respectivement 234 200 et 304 290 tonnes.

INTRODUCTION

L'ozone est un oxydant qui résulte de réactions photochimiques qui se produisent entre les oxydes d'azote (NOx) et les composés organiques volatils (COV) en présence de la lumière solaire. Aux concentrations élevées l'ozone produit, d'une part des effets néfastes sur la santé humaine et d'autre part réduit le rendement et la vitalité des cultures et des écosystèmes forestiers.

La présence de niveaux de plus en plus élevés d'oxydants dans l'air ambiant constitue une préoccupation environnementale croissante. Cette préoccupation s'est traduit par la préparation d'un plan de gestion pour les NOx et les COV sous l'égide du Conseil Canadien des Ministres de l'Environnement (CCME) en octobre 1988. Ce plan vise une gestion plus poussée des NOx et des COV afin de respecter de façon soutenue l'objectif de la qualité de l'air ambiant de 82 parties par milliard pour l'ozone d'ici l'an 2005.

Les NOx et les COV sont des contaminants atmosphériques du monde industriel dont la présence dans la nature est associée aux activités résultant des industries, des moyens de transport, des procédés de combustion ainsi que d'autres activités humaines. La connaissance des émissions de NOx et de COV est essentielle pour étudier et réduire la pollution atmosphérique. Elle est utile également pour l'élaboration des politiques d'assainissement, l'application et le suivi des réglementaions, l'étude des effets des contaminants et la prévision de la qualité de l'atmosphère, la mise en place des réseaux d'échantillonnage, l'étude des impacts de l'implantation de nouvelles usines, etc ...

1. CONTAMINANTS PRÉCURSEURS D'OZONE

1.1 Oxydes d'azote (NO_x)

Les oxydes d'azote (NOx) sont les produits résultant des procédés de combustion à haute température, en présence de l'azote contenu dans l'air, dans les combustibles fossiles ou dans les matières premières. Ils existent sous plusieurs formes dans l'atmosphère. Les NOx provenant de la combustion sont à 90% sous forme d'oxyde nitrique (NO) et 10% sous forme de dioxyde d'azote (NO2) et d'oxyde nitreux (N2O).

Les émissions de NOx proviennent surtout de l'utilisations des combustibles dans les procédés industriels, le chauffage, la production d'électricité et les véhicules motorisés de toutes sortes.

1.2 Composés organiques volatils (COV)

Les composés organiques volatils (COV) comprennent tous les composés organiques pouvant s'évaporer à la température ambiante et exister dans l'atmosphère sous forme gazeuse excluant principalement les composés photochimiquement non réactifs comme le méthane et les chlorofluorocarbones, les composés organiques de faible tension de vapeur (<0.1 mm Hg) ou de point d'ébullition élevé.

Les émissions de COV proviennent de sources naturelles et anthropiques. Les sources d'émissions d'origine anthropique sont nombreuses et variées, parmi les principales sources on note les véhicules motorisés, la commercialisation de l'essence, le raffinage de pétrole, les industries pétrochimiques, l'utilisation de solvants organiques, la combustion des combustibles fossiles et du bois, l'application de peinture et de vernis etc..

2. SOURCES DE CONTAMINATION

Les émissions de NOx et de COV dans l'atmosphère proviennent de différentes sources. Ces sources d'émissions peuvent être continues ou discontinues dans le temps et peuvent être ponctuelles, diffuses, étendues ou mobiles.

Les sources ponctuelles sont des sources fixes comme tel que des cheminées ou des évents de toit. Les sources diffuses ou étendues sont, la plupart du temps, identifiées aux activités pour lesquelles l'information est compilée sur une base globale ou collective. Les sources mobiles représentent les modes de transport comme les véhicules routiers ou hors-route, les aéronerfs, les trains, les bateaux etc..

Pour faciliter la présentation des résultats les sources d'émissions atmosphériques ont été regroupées dans sept grands secteurs couvrant diverses activitées. Le tableau 1 ci-après résume la situation.

TABLEAU 1
SOURCES D'ÉMISSION ATMOSPHÉRIQUE

SECTEURS	ACTIVITÉES
MÉTALLURGIE	- SIDÉRURGIE ET ACIÉRIE - FONDERIES DE FONTE ET D'ACIER - BOULETTES DE FER - ALUMINIUM ET MAGNÉSIUM - CUIVRE ET ZINC - ABRASIFS ET FERRO-ALLIAGES - ÉLECTRODES DE CARBONE
PÂTES ET PAPIERS	- PÂTE AU SULFITE OU BISULFITE - PÂTE AU SULFATE (KRAFT) - PÂTE MÉCANIQUE ET THERMOMÉCANIQUE - PÂTE CHIMICO-THERMOMÉCANIQUE - PRODUITS DÉRIVÉS DE PÂTES ET PAPIERS - USINES DE PLACAGES ET CONTREPLAQUÉS
PÉTROCHIMIE ET SECTEURS CONNEXES	- RAFFINERIES DE PÉTROLE - INDUSTRIE PÉTROCHIMIQUE - PRODUITS DE PLASTIQUES
AUTRES INDUSTRIES	- CHIMIE ORGANIQUE ET INORGANIQUE - MINES ET MOULINS D'AMIANTE - CIMENTERIES ET USINES DE CHAUX - USINES DE BÉTON BITUMINEUX - PRODUITS RÉFRACTAIRES - INDUSTRIE ALIMENTAIRE - INCINÉRATEURS DE DÉCHETS DOMESTIQUES - INCINÉRATEURS INDUSTRIELS ET COMMERCIAUX - INDUSTRIES NON CLASSÉES
COMBUSTION DANS DES INSTALLATIONS FIXES AUTRES QUE INDUSTRIELS	- CENTRALES THERMIQUES - SECTEUR DOMESTIQUE - SECTEUR COMMERCIAL ET INSTITUTIONNEL - SECTEUR AGRICOLE - CHAUFFAGE AU BOIS
SOURCES ÉTENDUES	- COMMERCIALISATION DE L'ESSENCE ET DIESEL - NETTOYAGE À SEC - REVÊTEMENTS DE SURFACE - USAGE GÉNÉRAL DES SOLVANTS
TRANSPORTS	- VÉHICULES AUTOMOBILES ET HORS-ROUTE - CHEMINS DE FER - BATEAUX - AÉRONEFS - AUTRES

3. INVENTAIRE DES ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUE

3.1 But de l'inventaire

Le but premier de l'inventaire est de déterminer de la façon la plus précise possible et sur une base annuelle, l'origine, la nature et la quantité des contaminants rejetés à l'atmosphère par les diverses activités industrielles ou autres.

Il comporte aussi un volet information générale qui permet d'associer à chacun des rejets à l'atmosphère, le ou les procédés impliqués, les appareils d'épuration impliqués, les normes d'émissions ou les articles du Règlement de la qualité de l'air qui s'y appliquent, créant ainsi un outil de travail pour le suivi des dossiers.

3.2 Méthodologie

Les informations de base servant à la confection de l'inventaire sont compilées à partir des différents dossiers industriels du ministère de l'Environnement du Québec.

Les émissions sont ensuite calculées selon l'une ou l'autre des méthodes suivantes qui sont lister par ordre de priorité lorsque disponible, les premières étant les plus précises.

- échantillonnage des cheminées
- bilan de masse
- facteurs d'émissions
- évaluation basée sur le procédé
- littérature

3.3 Système informatique d'inventaire des sources

Le système a été développé:

- dans un environnement PC-DOS standard
- dans le langage D Base III+ avec utilisation du compilateur Clipper

Le système a été développé sur trois modules distincts:

- module de gestion et de saisie des informations propre au système d'inventaires des sources de pollution atmosphériques
- module de gestion de tables de la base de données
- module de gestion d'impression de rapports

Les informations sont entreposées dans la base des données comprenant quatre groupes de fichiers suivants:

- fichiers des coordonnées des usines
- fichiers des coordonnées du MENVIQ
- fichiers des informations sur les sources et les procédés
- fichiers des informations sur la production et l'utilisation de comustibles et de matières premières

4. EMISSIONS DE NOx ET DE COV AU QUÉBEC

Pour les besoins du développement de la stratégie Québécoise de lutte contre la pollution photochimique les émissions de NOx et de COV , pour les années de référence 1985 et 1990, sont présentés au tableau 2 page suivante.

TABLEAU 2
RÉSUMÉ DES ÉMISSIONS

ÉMISSIONS DE NO_x ET VOC AU QUÉBEC (en tonnes métriques)				
SECTEURS	**NO_x**		**COV**	
	1985	**1990**	**1985**	**1990**
MÉTALLURGIE	4 300	6 100	4 670	4 350
PÉTROCHIMIE	7 300	6 300	32 460	31 190
PÂTES ET PAPIERS	10 000	17 000	2 180	2 450
AUTRES INDUSTRIES	12 900	13 000	8 180	5 900
SOURCES ÉTENDUES	---	---	108 930	119 850
COMBUSTION DANS DES INSTALLATIONS FIXES AUTRES QUE INDUSTRIELS	10 840	18 760	39 880	41 340
TRANSPORTS	174 000	173 040	128 680	99 210
TOTAL	**219 340**	**234 200**	**324 980**	**304 290**

4.1 Emissions des oxydes d'azote (NOx)

Au Québec les émissions totales de NOx pour les années 1985 et 1990 furent respectivement de 219 340 tonnes et 234 200 tonnes. Par rapport à 1985, il y a eu une augmentation de 7% des émissions de NOx en 1990. Cette augmentation est plus notable dans les secteurs des pâtes et papiers et de la combustion dans des installations fixes autres que industriels, ce qui peut être attribuée à l'utilisation accrue des combustibles fossiles (voir figure 2).

Les transports représentaient une part importante des émissions totales de NO_x au Québec, soit 80% en 1985 et 74% en 1990. Les secteurs de la métallurgie, des pâtes et papiers, de la pétrochimie, des autres industries et de la combustion dans des installations fixes se partagant le reste dans des valeurs variant entre 2% et 8% tel que montré aux figures 2 et 3.

4.2 Emissions des composés organiques volatils (COV)

Au Québec, les émissions de COV pour les années 1985 et 1990 totalisèrent respectivement 324 980 tonnes et 304 290 tonnes et se répartissaient entre les divers secteurs comme indiqué à la figure 4. Comparativement à 1985, les émissions de COV pour 1990 ont subit une baisse de 6%. Cette baisse est attribuable surtout au secteur des transports. Pour les autres secteurs, les émissions de COV sont demeurées sensiblement les mêmes pour les deux années étudiées.

Les émissions de COV, pour 1990, dans les secteurs des sources étendues, des transports, de la combustions dans des installations fixes autre que industriels et de la pétrochimie représentaient une part importante des émissions soit respectivement 39%, 33%, 14% et 10%. Les pâtes et papiers, la métallurgie et les autres industries totalisaient 4% des émissions de COV. Cette répartition des émissions par secteur est sensiblement la même qu'en 1985 avec des variations surtout au niveau des secteurs des sources étendues et des transports qui représentaient respectivement 33% et 40% des émissions totales. (voir figures 5 et 6)

4.3 Facteurs influençant l'évolution des émissions

Plusieurs facteurs expliquent les changements des émissions au cours des deux années sous étude 1985 et 1990, parmi les principaux on note:

- fermeture d'usines notamment une raffinerie, une cimenterie et quatre mines d'amiante
- création de nouvelles usines dont une usine d'acide sulfurique, deux alumineries et deux usines de pâtes et papiers
- implantation ou amélioration des systèmes antipollution
- changement dans l'utilisation des combustibles fossiles utilisés dans le secteur industriel
- évolution du parc automobile
- sensibilisation de la population face aux problèmes environnementaux
- meilleure précision dans la caractérisation quantitative des sources d'émissions, etc...

CONCLUSION

Pour les prochaines années, l'importance devra être mis sur l'harmonisation entre le monde industriel et celui de l'environnement. Il sera nécessaire que des efforts plus important soit consacrer pour :

- maintenir et améliorer l'inventaire des émissions atmosphériques
- étudier les effets sur la santé et sur l'environnement
- réglementer les émissions
- établir des politiques à long terme
- trouver de nouvelles technologies
- sensibiliser le monde industrialisé

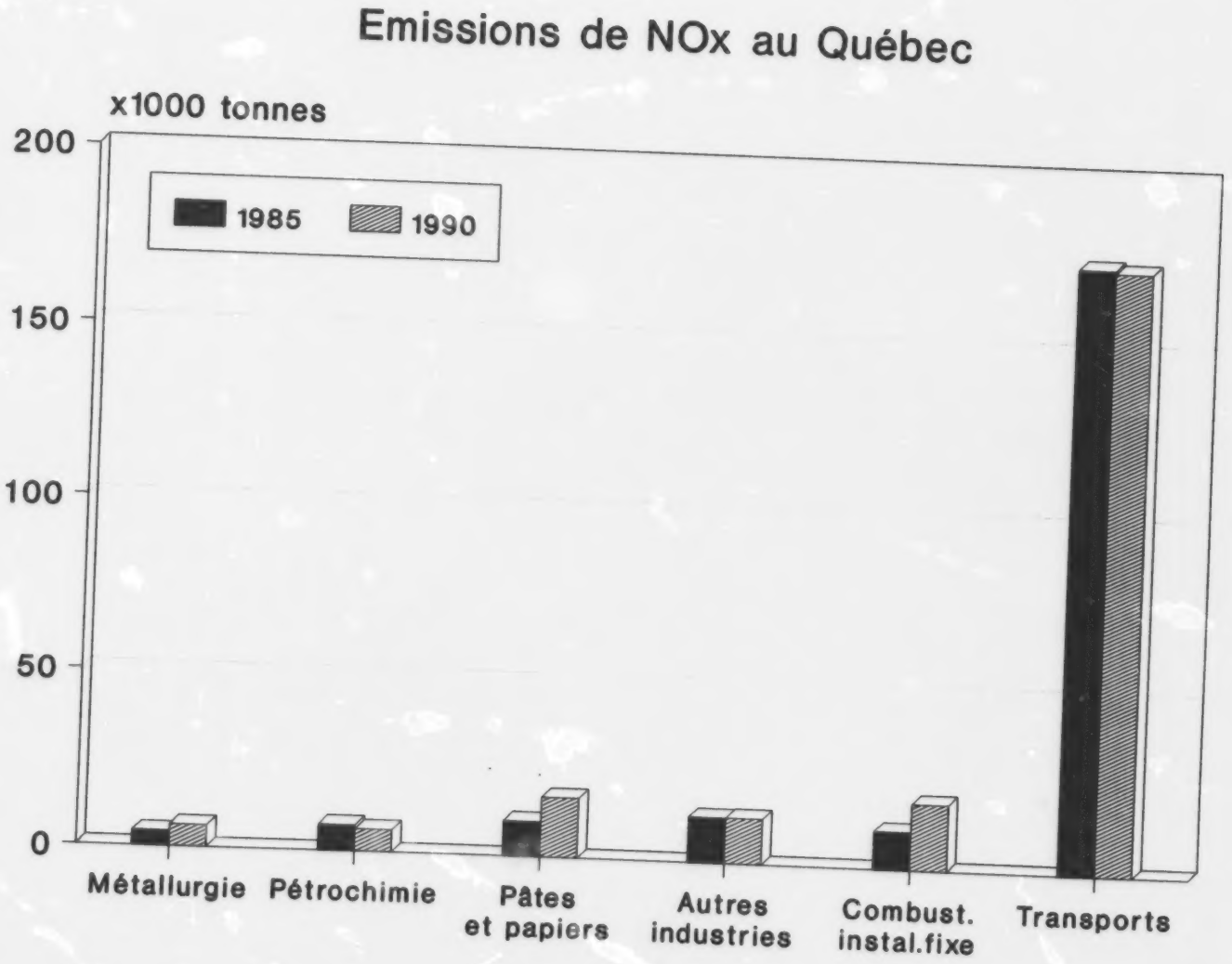

Emissions de NOx au Québec
x1000 tonnes
200
150
100
50
0
1985
1990
Métallurgie
Pétrochimie
Pâtes et papiers
Autres industries
Combust. instal.fixe
Transports

Figure 1

Emissions d'oxydes d'azote au Québec
Année 1985

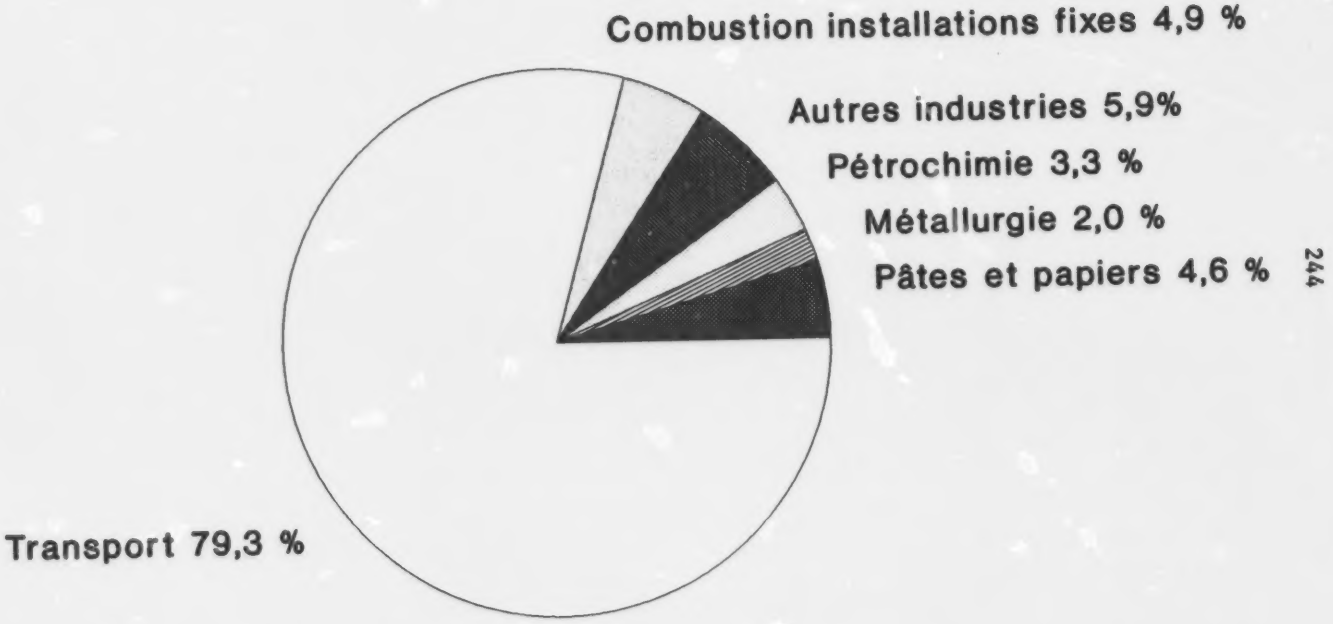


Figure 2

Emissions d'oxydes d'azote au Québec
Année 1990

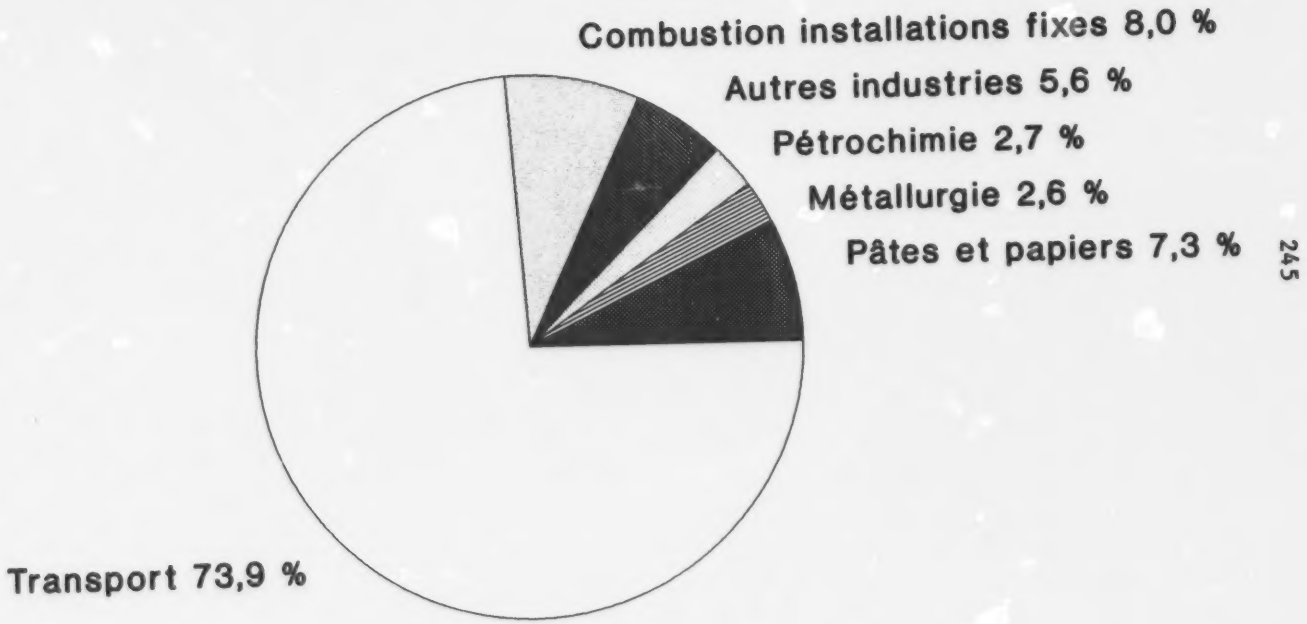


Figure 3

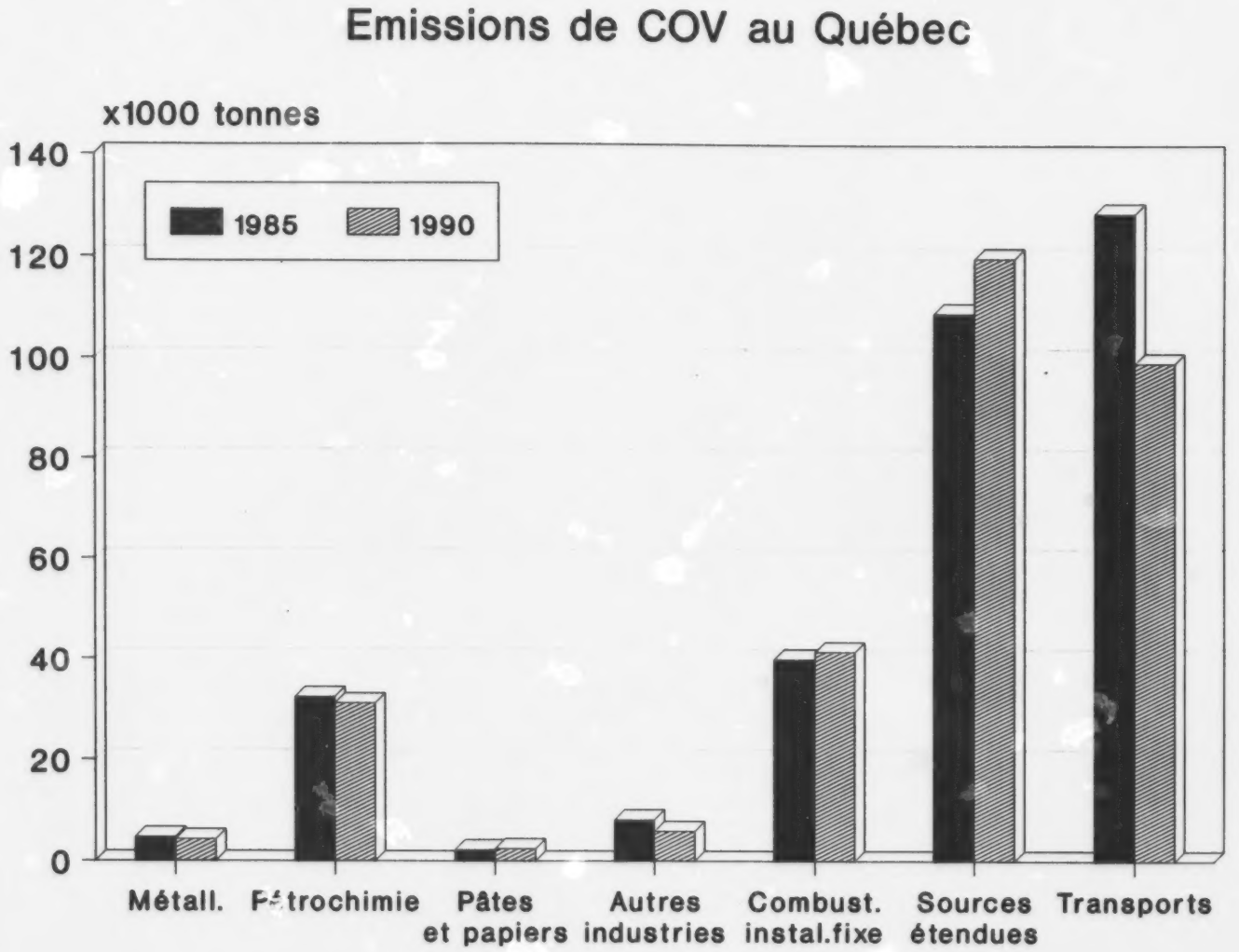

Emissions de COV au Québec
x1000 tonnes
140
120
100
80
60
40
20
0
1985
1990
Métall.
Pétrochimie
Pâtes et papiers
Autres industries
Combust. instal.fixe
Sources étendues
Transports

Figure 4

Emissions de COV au Québec
Année 1985

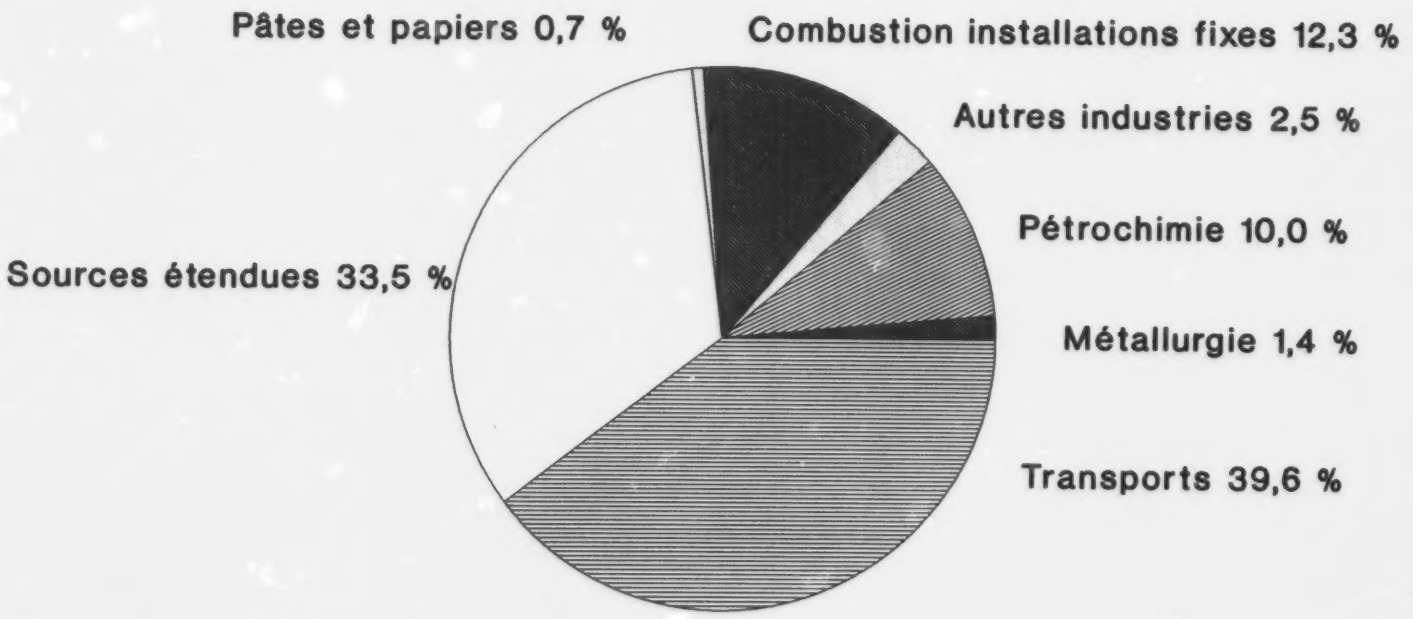


Figure 5

Emissions de COV au Québec
Année 1990

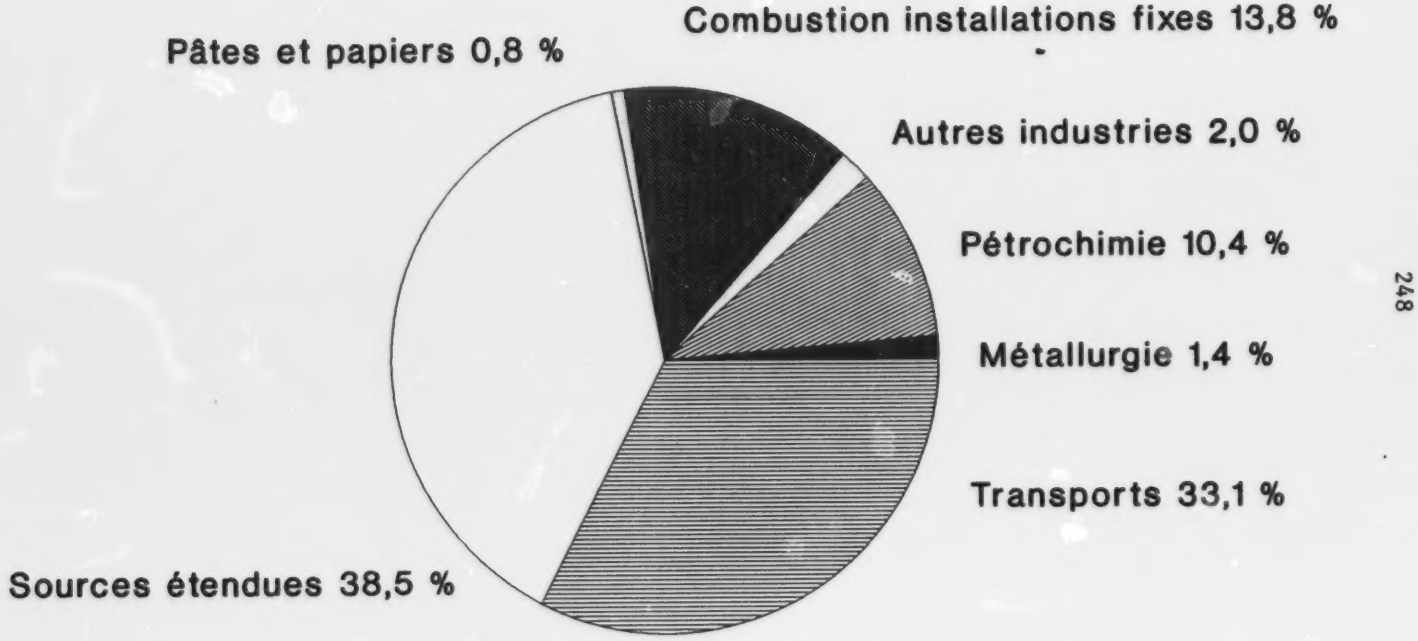


Figure 6

POLLUTION DE L'AIR PAR L'OZONE ET SANTÉ

Par

Pierre Lajoie, Médecin

CENTRE HOSPITALIER DE L'UNIVERSITÉ LAVAL

OCTOBRE 1991

Au cours des dernières décennies, des progrès importants ont été réalisés en ce qui a trait à la pollution atmosphérique en milieu urbain suite à la mise en place de programmes de surveillance et de contrôle de la qualité de l'air ambiant. Les progrès technologiques au niveau des procédés industriels et des équipements de dépollution ont aussi contribué à ces améliorations. Ainsi, l'on a observé une réduction des concentrations de polluants conventionnels tels que les particules en suspension, le dioxyde de soufre et le plomb.

Toutefois, de nouveaux problèmes sont apparus dont ceux reliés aux précipitations acides et à l'ozone. Selon l'EPA, de 1985 à 1987, la norme horaire d'ozone (120 ppb) a été dépassée dans 68 régions des Etats-Unis. Ces régions regroupaient au total 113 millions d'habitants. Au Canada, les dépassements de la norme horaire de 82 ppb sont fréquents, notamment dans la région comprise entre Windsor et Québec et dans la région de Vancouver.De nombreuses études ont démontré l'impact néfaste des précipitations acides sur les écosystèmes aquatiques et terrestres mais leur impact sur la santé humaine est mal connu. Par contre, dans le cas de l'ozone, des données toxicologiques récentes indiquent que ses effets sur la santé sont plus sévères que ce que l'on croyait jusqu'à maintenant. La pollution atmosphérique par l'ozone est un problème environnemental prioritaire mais difficilement contrôlable. Aux États-Unis, la réduction de l'exposition de la population à l'ozone fait partie des objectifs de santé prioritaire pour la prochaine décennie (1). Dans le présent article, nous allons réviser brièvement les connaissances actuelles concernant les effets connus de ce polluant de l'air sur la santé de même que les implications pour la santé publique.

EFFETS SUR LA SANTÉ

Plusieurs études ont été réalisées concernant les effets de l'ozone sur la santé: des études expérimentales in vitro, in vivo et chez l'humain, et des études épidémiologiques.[2,3,4]. Les études expérimentales ont été faites en laboratoire et visaient d'abord à mesurer la nature et l'ampleur des changements transitoires de la fonction respiratoire suite à une

exposition à l'ozone. Les études épidémiologiques sont récentes et visaient principalement à évaluer les effets de l'ozone chez des individus exposés à des concentrations habituelles lors d'activités extérieures courantes: enfants en camps de vacances, adultes faisant du sport.

Effets aigus

L'ozone est un oxydant puissant. Il réagit rapidement avec divers composés organiques, tels les acides gras, les acides aminés et les protéines que l'on retrouve normalement au niveau des tissus. L'arbre respiratoire est le site privilégié de telles réactions. Ces réactions provoquent deux types d'effets: des effets mécaniques sur la fonction respiratoire et des effets structuraux.

Une exposition aiguë à l'ozone, aussi brève que cinq minutes, peut provoquer une diminution des volumes expiratoires chez des sujets normaux. L'ampleur de cet effet dépend de la susceptibilité individuelle et des trois paramètres suivants: la concentration d'ozone, le volume d'air respiré et la durée d'exposition. Les individus qui font de l'activité physique à l'extérieur sont donc plus à risque. C'est le cas des adultes et des enfants qui font de l'exercice et du sport. La diminution de la fonction respiratoire est proportionnelle à l'intensité de l'exercice physique et apparaît à des concentrations voisines des normes actuelles de 120 ppb (USA) et de 80 ppb (Canada). En ce qui concerne la diminution des volumes expiratoires, les asthmatiques ne seraient pas plus sensibles à l'ozone que les adultes en bonne santé. L'on a démontré aussi une augmentation de la réactivité bronchique à l'histamine et à la métacholine à une exposition de 120 ppb pendant 6 heures. Il y a aussi une diminution objective de la performance physique chez les athlètes à des concentrations supérieures à 120 ppb. Récemment, une étude expérimentale a montré qu'une exposition à une concentration de 120 ppb d'ozone pendant 1 heure, augmentait la réactivité bronchique aux allergènes chez les sujets asthmatiques porteurs d'atopie[5]. Chez certains adultes, des symptômes respiratoires peuvent apparaître à 120 ppb: toux, dyspnée et douleur thoracique. Ces symptômes sont absents chez les enfants.

Au niveau structural, l'exposition à l'ozone provoque une réaction inflammatoire locale qui touche les bronches, les bronchioles et les alvéoles pulmonaires. Cette réaction s'accompagne d'une diminution du nombre de cils vibratils, d'une diminution de la clearance mucociliaire et d'une diminution de l'activité des macrophages. Ces effets sur l'arbre respiratoire expliqueraient la plus grande susceptibilité à l'infection que l'on croit reliée à l'exposition à l'ozone.

Effets subaigus et chroniques

Lorsque l'exposition à l'ozone dure plusieurs jours, l'arbre respiratoire s'adapte. Après une exacerbation des symptômes et des anomalies de la fonction respiratoire le deuxième jour, il y a une diminution graduelle des effets jusqu'au 5^{e} jour où la réponse de l'organisme revient à la normale. Par ailleurs, une exposition répétitive à des concentrations élevées d'ozone provoque un dommage définitif à l'épithélium bronchique. Selon certaines études réalisées chez le singe, une exposition intermittente serait plus nocive qu'une exposition continue. En laboratoire, l'on a aussi démontré l'existence d'une adaptation saisonnière de l'homme à l'exposition à l'ozone. Quant à l'exposition chronique, elle provoque un vieillissement prématuré du poumon caractérisé par une diminution relative de la fonction respiratoire et une fibrose irréversible des tissus pulmonaires.

Normes actuelles

La norme horaire actuelle au Canada est de 82 ppb; la norme américaine est de 120 ppb. La norme canadienne correspond à peu près au seuil à partir duquel l'on a commencé à observer certains effets au niveau de la fonction respiratoire après quelques heures d'exposition lors d'un exercice modéré. La norme horaire actuelle correspond d'ailleurs aux recommandations de l'OMS[6]. Toutefois, l'OMS recommande une norme sur 8 heures de 50 ou 60 ppb pour protéger la population des effets plus sévères reliés à une exposition répétée à des concentrations modérées d'ozone. La pertinence d'une telle norme est aussi discutée aux États-Unis[7].

Le problème de l'asthme

Depuis une quinzaine d'années, l'on a observé une augmentation notable de la mortalité et de la morbidité pour asthme en Europe et en Amérique du Nord. Cette augmentation, qui est paradoxale puisque le traitement actuel est de plus en plus efficace, laisse la communauté scientifique perplexe. Plusieurs hypothèses ont été avancées dont des facteurs de pollution intérieure et extérieure. C'est un sujet de controverse.

En ce qui concerne l'exposition à l'ozone, les asthmatiques ne seraient pas davantage à risque que les adultes en bonne santé et faisant de l'exercice, du moins en ce qui concerne la diminution de la fonction respiratoire mesurée par le VEMS, par exemple. Toutefois, certaines études ont mis en évidence une augmentation des crises d'asthme lors d'épisodes de smog. De plus, une étude très récente tend à démontrer que les asthmatiques atopiques seraient plus sensibles aux allergènes dans l'air après avoir été exposés à de faibles concentrations d'ozone. L'on sait par ailleurs qu'une proportion importante des crises d'asthme sont reliées à des facteurs comme les pollens, notamment au printemps et à l'automne. Il est aussi possible que la pollution par l'ozone exerce un effet indirect sur la fréquence des crises d'asthme par l'intermédiaire d'une susceptibilité plus grande aux infections. L'hypothèse d'un lien entre la pollution par l'ozone et l'augmentation observée au niveau des pays industrialisés de la fréquence de l'asthme est plausible et mérite donc une attention particulière au niveau de la recherche.

CONCLUSION

Dans une perspective de santé publique, un certain nombre de conclusions doivent être tirées de l'analyse de la situation et des connaissances en rapport avec le problème de l'ozone. Tout d'abord, il y a lieu de renforcer la **surveillance environnementale** de ce polluant pour identifier de façon précise et rapide les épisodes de dépassement de norme surtout durant l'été. L'information sur les concentrations doit être rapidement disponible. De plus, certaines **populations à risque** doivent être mieux identifiées et rejointes par les organismes de santé publique. En plus des personnes déjà atteintes de **maladies respiratoires chroniques ou d'asthme** une attention particulière doit être portée aux personnes en bonne santé et particulièrement actives à l'extérieur comme les **sportifs** que ce soit des **adultes ou des enfants**. La surveillance devrait aussi s'étendre aux territoires habités moins urbanisés parce que comme nous l'avons vu, c'est souvent **en périphérie des grandes villes** que l'on est susceptible de rencontrer les plus fortes concentrations d'ozone. De plus, un effort particulier de **recherche** devrait être fait au Québec pour mieux connaître la prévalence de **l'asthme** dans la population et évaluer les associations possibles avec la pollution de l'air.

RÉFÉRENCES

1. US-DHHS, Healtly peoples 2000, National Health Promotion and Disease Prevention Objectives, Washington, 1990.

2. Lippmann, M., Health effects of ozone - A critical review, JAPCA, 39(5): 672, 1989.

3. McKee, D., et al. Health effects of ozone - Critical review discussion papers, JAPCA, 39(9): 1185, 1989.

4. Tilton, B.E., Health effects of tropospheric ozone, Environ. Sci. Technol., 23(3): 257, 1989.

5. Molfino NA et al. Effect of low concentrations of ozone on inhaled allergen response in asthmatic subjects, Lancet, 338: 199-203, 1991.

6. OMS - Direction Europe, Air Quality Guidelines for Europe, European Series, No 23, 1987.

7. McKee, D., McLellan, R.O., Utell, M.J., Vostal, J.J., Lippmann, M. Health Effects of ozone. Critical Review Discussion Papers, JAWMA, 39(9): 1185, 1989.

EFFETS AIGUS (suite)

CHEZ L'HOMME:

Adulte:

Activité normale

↑	Réactivité bronchique	240 $\mu g/m^3$; 6-7 hres

Exercice

↓	Fonction pulmonaire (VEMS)	235 $\mu g/m^3$; 1-3 hres
	Symptômes thoraciques	235 $\mu g/m^3$; 1-3 hres
↓	Performance physique	> 235 $\mu g/m^3$
↓	Fonction pulmonaire (VEMS)	160 $\mu g/m^3$; 6 hres
↑	Réactivité bronchique	

ÉTAT DES CONNAISSANCES

OZONE: EFFETS BIOLOGIQUES

1. AGRESSEUR PULMONAIRE DIFFUS:

   Solubilité modérée
   Bronchioles terminales et alvéoles

2. OXYDANT PUISSANT:

   Enzymes, protéines, peptides
   Acides gras non saturés

3. DESTRUCTEUR DE LA MEMBRANE CELLULAIRE:

   Protéines et phospholipides
   Cellule ciliée

GROUPES À RISQUE

1) Adultes et enfants actifs à l'extérieur : effet proportionnel au degré d'exercice.

2) Asthmatiques

3) Personnes atteintes de maladies pulmonaires obstructives chroniques

SYMPTOMES CLINIQUES

ANALYSE DE RISQUE - Relation dose/effet

Irritation des yeux	0,1 ppm ($200\ \mu g/m^3$)
Symptômes chez certains sportifs lors d'exercice intense à l'extérieur	> 0,1 ppm; 6 hres
Symptômes thoraciques chez certains individus sensibles	> 0,12 ppm ($240\ \mu g/m^3$)
Performance physique diminuée chez athlètes à l'exercice	> 0,12 ppm
Réponse augmentée aux allergènes chez les asthmatiques atopiques	> 0,12 ppm

EFFETS AIGUS (suite)

Enfants:

↓ Fonction pulmonaire (VEMS) 200 $\mu g/m^3$;

Asthmatiques:

Potentialisation de la
réponse aux allergènes 240 $\mu g/m^3$; 1 hre

EFFETS CHRONIQUES

Adaptation saisonnière

Inflammation chronique

Vieillissement prématuré du poumon
- Fonctionnel
- Structural

LES DOMMAGES CAUSES PAR L'OZONE A LA VEGETATION ET AUX CULTURES : LA SITUATION AU QUEBEC

Maltais, Bruno

Québec, Canada

Novembre 1991

INTRODUCTION

L'ozone troposphérique est un polluant important. Ce gaz qui se retrouve dans les toutes premières couches de l'atmosphère endommage la végétation et divers matériaux lorsqu'il est présent en trop grande quantité.

Les premiers dommages sur la végétation dus à la pollution atmosphérique ont été rapportés dans la région de Los Angeles, en 1944. Mais c'est seulement vers la fin des années cinquante que l'ozone a été identifié comme l'agent phytotoxique principal du "Smog". Ses effets ont d'abord été démontrés sur les raisins en Californie. L'année suivante, des dégâts sur les feuilles de tabac étaient rapportés dans l'Est des Etats-Unis.

Depuis ce temps, il a été démontré à de nombreuses reprises que l'ozone causait des dommages aux grandes cultures, aux plantes horticoles, aux arbres, etc.. L'ozone est le polluant qui cause le plus de dommages à la végétation. Aux Etats-Unis, on attribue à l'ozone 95% de tous les dommages aux récoltes causés par les polluants atmosphériques. Le National Crop Loss Assessment (NCLAN) a réalisé de nombreuses études en milieu agricole aux Etats-Unis. C'est à partir de ces études et des modèles empiriques développés que les estimations des pertes économiques ont été effectuées. Ces pertes s'éleveraient annuellement aux Etats-Unis à 2 milliards de dollars.

LES EFFETS DE L'OZONE SUR LA VEGETATION

La toxicité de l'ozone vient de son fort pouvoir oxydant et de sa capacité à former des radicaux libres. Ce gaz pénètre dans les plantes par les stomates durant les échanges gazeux, avec l'environnement immédiat. Les plantes exposées à ce gaz subissent généralement une baisse de photosynthèse, leur croissance ralentit et leur résistance aux stress diminue.

L'ozone pertube divers processus métaboliques des plantes. Il causerait l'oxydation des constituants de plasmalemme altérant ainsi la perméabilité. Il s'ensuit un débalancement de la pression osmotique qui entraîne une dislocation des constitutants cellulaires et la destruction de la cellule elle-même. Lorsque l'ozone détruit un certain nombre de cellules dans un endroit particulier de la plante, des symptômes visibles apparaissent. Ces lésions sont visibles 24 à 48 heures après l'exposition des plantes à l'ozone.

Les lésions ou dommages dus à l'ozone se classent en quatre types : les lésions pigmentaires, le blanchiment de la surface supérieure ou de chacune des surfaces de la feuille, les nécroses bifaciales et les chloroses. Habituellement, seulement un type de dommages est présent, mais deux ou trois types de lésions peuvent être présentes sur la même feuille ou sur des plantes différentes dans le même endroit.

Les lésions pigmentaires sont les symptômes les plus communs. Elles se présentent sous forme de petits points bien définis. Elles résultent des dommages de l'ozone sur quelques cellules palissadiques. Elles peuvent

être brun-noir, pourpres ou rouges. Elles se retrouvent habituellement entre les plus petites veines sur la surface supérieure de la feuille. Le blanchiment des surfaces des feuilles se présente sous forme de taches nécrotiques sans pigment. Les cellules palissadiques et les cellules de l'épiderme supérieur (si les dommages sont plus sévères) s'affaissent et se décolorent. Ces taches nécrotiques sont de couleur gris pâle, blanc ou tan.

Les nécroses bifaciales se retrouvent lorsque le tissu entre les deux faces de la feuilles est détruit. Ces taches nécrotiques peuvent être de couleur blanche jusqu'à rouge orangé selon les espèces. La surface des feuilles de certaines espèces prennent une apparence luisante, huileuse ou cireuse durant les expositions à l'ozone. Les parties endommagées de façon permanente deviennent ternes. Lorsque les dommages dus à l'ozone sont importants des chloroses ou la destruction des chloroplastes se produit. Les feuilles deviennent jaunâtres et montrent une sénécescence prématurée.

Les feuilles qui sont entre 65% et 95% de leur développement sont les plus sensibles à l'ozone. Les jeunes feuilles sont résistantes. Les feuilles matures sont généralement tolérantes. Chez certaines espèces, elles peuvent être sensibles. Dans certains cas, les feuilles matures tolérantes peuvent être endommagées par l'ozone si elles y ont été exposées antérieurement. Les symptômes apparaissent habituellement sur le bout des feuilles les plus sensibles et progressent vers la base de la feuille. Les feuilles ombragées ou les parties de feuilles ombragées souvent ne montrent pas de symptômes de dommages dus à l'ozone.

La sensibilité des plants à l'ozone varie d'une espèce à l'autre et entre les cultivars d'une même espèce. Certaines espèces sont très sensibles, alors que d'autres sont très résistantes. Cette réaction différentielle des espèces n'est pas complètement expliquée. Elle serait attribuable en partie à la densité des stomates et à d'autres caractères anatomiques. Le tableau 1 nomme quelques espèces reconnues sensibles, intermédiaires et tolérantes à l'ozone.

TABLEAU 1 REACTION DES PLANTES A L'OZONE

ESPECES SENSIBLES	ESPECES INTERMEDIAIRES	ESPECES TOLERANTES
Luzerne		
Blé	Chou	Betterave
Orge	Carotte	Laitue
Haricot	Maïs	Fraisier
Trèfle	Concombre	Bouleau
Oignon	Pois	Erable
Pomme de terre	Aulne	
Radis	Pommetier	
Tabac	Bégonia	
Frêne	Chêne	
Peuplier		
Lilas		

Cette classification des espèces a été établie à partir des diverses observations et mesures réalisées. Le tableau 2 montre les concentrations d'ozone et leur durée requises pour causer des dommages à la végétation.

TABLEAU 2 CONCENTRATION D'OZONE REQUISE POUR CAUSER DES DOMMAGES

DUREE HEURE	ESPECES SENSIBLES	ESPECES INTERMEDIAIRES	ESPECES TOLERANTES
0,5	0,15-0,30 PPM*	0,25-0,60 PPM	0,50 PPM
1,0	0,10-0,25 "	0,20-0,40 "	0,35 "
2,0	0,07-0,25 "	0,15-0,30 "	0,25 "
4,0	0,05-0,15 "	0,10-0,25 "	0,20 "
8,0	0,03-0,10 "	0,08-0,20 "	0,15

* 1 PPM d'ozone équivaut à une concentration de 1960 ug d'O_3/m^3 à 25°C.

Les dommages aux plantes par l'ozone sont fonction en grandes partie des concentrations de ce polluant et de la durée d'exposition des végétaux. Certains facteurs édaphiques et environnementaux influencent aussi la réaction des plantes. Comme l'ozone entre par stomates, toutes les conditions qui favorisent leur ouverture modifient l'absorption de ce polluant. En résumé, les plantes sont plus sensibles sous les conditions suivants : température élevée (27 à 32°C), humidité relative élevée (80 à 90%), intensité lumineuse faible (1000 à 2000 pi.-ch.), photopériode courte, humidité du sol élevée (100% de la capacité au champ), vent faible et statut nutritif élevé.

Il n'existe pas beaucoup de corrélation entre le degré de dommages foliaires et le ralentissement de la croissance ou la diminution de rendement des cultures sauf, si la partie récolté est le feuillage comme pour la laitue, le tabac ou certaines plantes ornementales. Ces cultures sont déclassées et leur valeur marchande est fortement diminuée lorsque le feuillage est endommagé. Pour les autres cultures, il est nécessaire de faire des mesures précises pour déterminer les pertes de rendement. A

partir de ces mesures, des modèles mathématiques peuvent être utilisés pour prévoir les pertes de rendement. Cependant, il faut toujours être conscient de la variabilité des conditions environnementales et des limitations des modèles utilisés.

EFFETS DE L'OZONE SUR LES CULTURES AU QUEBEC

En 1985 et 1986, diverses études ont été réalisées pour mesurer les concentrations d'ozone et évaluer ses effets en milieu agricole au Québec. Des appareils ont été utilisés pour mesurer les concentrations d'ozone. Des plantes indicatrices ont été plantées à divers sites. Des observations et un inventaire ont été effectuées sur quelques cultures.

Les concentrations d'ozone ont été mesurées à trois (3) endroits en 1985 (Sainte-Clothilde de Châteauguay, Saint-Hyacinthe et l'Assomption) et à quatre (4) endroits en 1986 (Saint-Etinne de Beauharnois, Saint-François de l'Ile d'Orléans, Saint-Hyacinthe et l'Assomption). Les concentratijons moyennes mensuelles d'ozone en partie par cent millions (PPCM) pour la période entre 8 et 20 heures, sont présentées dans le tableau 3. C'est cette période qui est la plus importante pour la végétation.

Le tableau 3 est montré seulement à titre indicatit puisque l'objectif du présent exposé n'est pas discuter des concentrations d'ozone. Les concentrations d'ozone ont varié et atteint des niveaux phytotoxiques à plusieurs occasions. Quelques épisodes d'ozone ont aussi été enregistrées.

TABLEAU 3: Moyenne des concentrations horaires, mensuelles et saisonnières d'ozone (ppcm) entre 8 et 20 heures (HNE)

Mois	STATIONS							
	St-Hyacinthe		L'Assomption		St-Étienne		Ste-Clothilde	St-François
	1985	1986	1985	1986	1984	1986	1985	1986
	Ozone (ppcm)							
Juin	4,47	3,55	3,60	-	4,46	3,0	1,58	2,70
Juillet	4,45	3,76	3,42	1,98	4,88	3,3	2,23	2,87
Août	3,90	3,85	2,95	2,45	4,73	3,3	3,36	2,72
Septembre	3,28	2,52	3,08	-	3,68	1,9	3,77	2,39
Moyenne	4,03	3,77	3,26	-	4,43	2,9	2,72	2,67

Les concentrations d'ozone ont été assez importantes pour causer des dommages aux végétaux. Le tableau 4 montre les dommages observés sur les plantes indicatrices : le tabac Bel-W3, très sensible à l'ozone et le tabac Delhi 76, tolérant. Des observations semblables ont été faites en 1985.

TABLEAU 4: Intensité des dommages de l'ozone sur les tabacs Bel-W3 Delhi 76 (été 1986)

Site	Indice Bel-W3	Indice Delhi 76
L'Assomption	3	1
St-Alexis de Montcalm	3	1
Berthierville	2,5	1
Louiseville	3	1
Norbertville	dommages très sévères-4-07 (15 cm)	0
St-Zéphirin	3	1
St-Hyacinthe	3	1
L'Acadie	3	1
St-Étienne	3	1
St-François (Ile d'Orléans)	1ere plantation	
	2ième plantation	
St-Augustin de Desmaures	2	

Les dommages sur le tabac Bel-W3 sont apparus très tôt en saison et de nouveaux dommages se sont ajoutés tout au long de l'été.

Un inventaire des dommages causés par l'ozone a été réalisé en 1986 sur les cultures suivantes : tabac, maïs, oignon, fève, soya, haricot et pomme de terre dans les régions agricoles 06 (Saint-Hyacinthe) 07 (Châteauguay) et 10 (L'Assomption). Sauf pour le maïs, les superficies couvertes représentent environ 10% de la superficie totale de chaque culture dans la région. Les cultures de tabac ont été visitées à quelques reprises. Pour les autres cultures, l'inventaire a été réalisé aux mois d'août et septembre. Chaque site ou champ visité était parcouru en zigzag ou en W. Plusieurs observations étaient prises au cours du parcours et regroupées dans un indice final selon une échelle de 0 (pas de dommage) à 3 (dommages sévères sur l'ensemble des plantes) avec des intervalles de 0,5.

Aucun symptôime de dommage dû à l'ozone n'a été observé dans les champs de maïs sucré et d'oignon visités. Beaucoup de dommages furent observés dans les autres cultures. Les résultats détaillés ne sont pas reproduits à cause du manque d'espace. Mais de façon générale, les dommages étaient moyens sur les pommes de terre, moyens à sévères sur le tabac à cigarettes et les haricots. Ils furent très sévères sur les fèves soya. Les dommages n'étaient pas toujours uniformes dans les champs visités. Il n'y avait pas de différence importante entre les différents cultivars des espèces observées.

Il n'y a pas eu par la suite, d'autres inventaires semblables en milieu agricole. Cependant chaque année, le laboratoire de diagnostic en

protection des cultures du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec reçoit des échantillons de plantes (haricots, soya, pomme de terre, tabac et oignon) qui montrent des symptômes de dommages par l'ozone.

CONCLUSION

Les concentrations d'ozone mesurées en milieu agricole au Québec atteignent assez souvent des niveaux phytotoxiques. Des dommages sont observés sur les cultures. Il n'est pas posible de quantifier les pertes occasionnées. Mais il est évident, à la sévérité des dommages observés, que l'ozone diminue de façon appréciables les rendements de certaines cultures au Québec comme ailleurs. C'est un voleur silencieux qui est presque toujours présent.

NORTHEAST STATES FOR COORDINATED AIR USE MANAGEMENT (NESCAUM)

MEMBERS:

CONNECTICUT AIR COMPLIANCE UNIT
MAINE BUREAU OF AIR QUALITY CONTROL
MASSACHUSETTS DIVISION OF AIR QUALITY CONTROL
NEW HAMPSHIRE AIR RESOURCES DIVISION
NEW JERSEY DIVISION OF ENVIRONMENTAL QUALITY
NEW YORK DIVISION OF AIR RESOURCES
RHODE ISLAND DIVISION OF AIR RESOURCES
VERMONT AIR POLLUTION CONTROL PROGRAM

Ozone Attainment Strategies in the Northeast United States

Presented by
Michael J. Bradley
Executive Director
Northeast States for Coordinated Air Use Management

November 5, 1991

MICHAEL J. BRADLEY, EXECUTIVE DIRECTOR
85 MERRIMAC STREET
BOSTON, MASSACHUSETTS 02114
TEL. (617) 367-8540 FAX (617) 742-9162

Printed on Recycled Paper

My name is Michael J. Bradley and I am the Executive Director of the Northeast States for Coordinated Air Use Management (NESCAUM). NESCAUM is a regional air quality planning organization formed in 1967 to assist the Northeast states in the assessment of air quality problems and with the development of consistent regulatory responses designed to effectively address these problems. The NESCAUM Board of Directors consists of the most senior state air quality control official from each of the six New England states, New York, and New Jersey.

The most recent emission information for the northeastern United States indicates that motor vehicles are, in aggregate, the largest pollution source for ozone-producing hydrocarbons and nitrogen oxides, carbon monoxide, and toxic air pollutants. In fact, recent field measurements as well as data from off-cycle emission testing suggest that emissions from vehicles on the road are considerably higher than previously thought.

The results from the regional ozone modeling for Northeast transport (ROMNET) project provide further evidence of the extent of the ozone nonattainment problem in the Northeast and highlight the difficulties in bringing all areas of the NESCAUM region into attainment with the ozone NAAQS of 0.12 parts per million. The ROMNET project, was initiated by US EPA, in conjunction with state and local air quality agencies in the Northeast, to assist with the challenge of developing effective and equitable control programs to attain the ozone standard. The final ROMNET results indicate that future attainment of the ozone health standard throughout the Northeast corridor will be difficult to achieve even with the implementation of extremely aggressive HC and NOx control programs. Obviously, major emission reductions for motor vehicles must be a central part of the overall regional strategy to attain the ozone health standard.

Ozone episodes are common during the summer months in the northeastern United States. Over the past five years (1987-1991) multi-state/multi-day ozone episodes occurred roughly once every other week during June, July, and August (Table 1). Although some episodes last longer than a week, most episodes average 3-4 days.

Table 1. Number of multi-day/multi-state ozone episodes in the eight state NESCAUM region of the northeast.

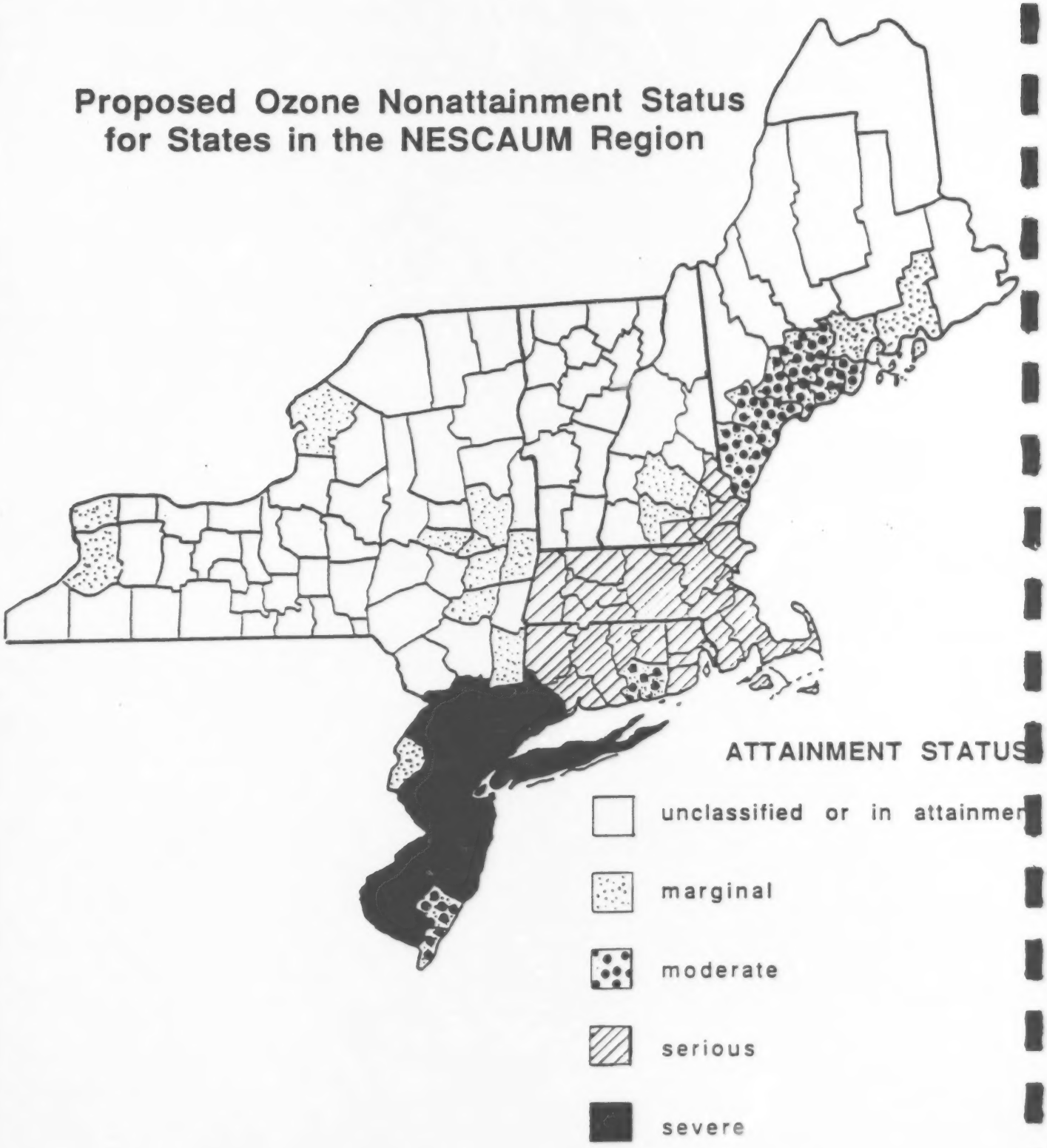
Month	1987	1988	1989	1990	1991
June	3	2	2	0	2
July	2	2	2	2	1
August	2	1	1	2	2

The persistence and frequency of multi-day/multi-state episodes in the northeast are determined primarily by meteorological conditions. There are sufficient emissions of ozone precursors, reactive organic compounds and oxides of nitrogen, in the Northeast to provide the atmospheric chemical potential to form high concentrations of ozone. During the summer, when weather patterns in the eastern United States promote warm, humid, and sunny conditions, and prevailing south to north winds, favorable atmospheric conditions exist for the formation of regional ozone episodes which may cover thousands of square miles and persist for several days. During these persistent episodes tens of millions of people throughout the Northeast and along the eastern seaboard breathe unhealthy levels of ozone. The maximum one-hour ozone concentrations in the northeast region during 1988-1991 varied little from year to year. The highest ozone levels were recorded during the 1988 ozone episodes at several monitoring sites in Connecticut. One hour ozone concentrations above 200 ppb were also recorded in New Jersey (1987 and 1988), in New York (1987, 1988, and 1991), in Connecticut (1987, 1988, and 1989), in Massachusetts (1988), and in Maine (1988). Ozone concentrations above 150 ppb are common during multi-day/multi-state ozone episodes which have occurred during the past five years

The persistence of the ozone episodes in the northeastern United States is underscored by the fact that VOC and NOx emissions from the region as a whole are equivalent to and as diverse as those of other regions of the United States which have extreme ozone problems. The region's dense population, varied industry, and widespread reliance on motor vehicles contributes to the difficulty of reaching and maintaining the ozone standard.

The persistent ozone problem in the Northeast is reflected in the attainment status of state counties and metropolitan statistical areas throughout the region as illustrated in Figure 1 which depicts ozone nonattainment status for the NESCAUM states. Ozone nonattainment designations exist in all NESCAUM states except Vermont. New Jersey is designated serious or severe throughout much of the state (except Warren and Cape May Counties). New York City, Long Island, and the counties of Orange, Rockland, and Putnam are all designated severe ozone nonattainment areas. Several counties along the Hudson River Valley are designated marginal ozone nonattainment along with three counties along Lakes Ontario and Erie. All of Connecticut is designated serious, except Fairfield County which is designated severe. All counties of Massachusetts and Rhode Island are designated serious ozone nonattainment areas. Two counties in southern New Hampshire are also designated serious ozone nonattainment. York, Cumberland, Androscoggin, Sagadahoc, Kennebec, Knox, and Lincoln Counties in Maine are designated moderate, while Waldo and Hancock counties are designated marginal.

Figure 1


Proposed Ozone Nonattainment Status
for States in the NESCAUM Region
ATTAINMENT STATUS
unclassified or in attainmen
marginal
moderate
serious
severe

In the Northeast, ozone precursor emissions control strategies have relied solely on reductions of VOC emissions. Virtually no emission controls were required of NOx sources (except motor vehicles which had to meet federal motor vehicle emissions standards). During the past five years, scientific evidence has shown that NOx controls have to be considered in overall emissions control strategies in most ozone nonattainment areas. Such comprehensive NOx and VOC reduction strategies are common in California and may become common in the Northeast as well.

The Clean Air Act Amendments of 1990 (CAAA), require additional ozone controls by reducing both VOC and NOx emissions. In addition attainment strategies will rely heavily on emissions reduction and attainment strategies developed by the Regional Oxidant Model (ROM) and the Urban Airshed Model (UAM). ROM simulations for one of the most severe ozone episodes in the past five years (July 4-18, 1988) indicate that in most emission source areas of the domain significant reductions in both VOC and NOx emissions will needed to attain the federal ozone standard in metropolitan and downwind receptor sites. The NOx and VOC reductions modeled by ROM are much greater than those required in the NESCAUM region under the CAAA. ROM simulations indicate that in serious and severe nonattainment areas, emission reductions on the order of 50-70% or greater may be necessary to attain the standard. Under the Clean Air Act Amendments of 1990, states with serious or severe ozone attainment problems will have to reduce VOC emissions by 15% by 1996 and 3% each year until the standard is met. States must also reduce VOCs from smaller sources: 25 tons per year (actual) emission sources in severe areas and 50 tons per year (actual) emission sources in serious nonattainment areas. Reasonable Available Control Technology (RACT) is required under section 182 of the CAAA for existing utility boilers and other existing NOx sources. NOx RACT categories under consideration include utility, commercial and industrial boilers, reciprocating engines and emergency generators, incineration of sewage sludge, medical and municipal waste, turbines, glass furnaces, asphalt, and steel manufacturing.

NOx emissions from stationary sources emit about 40% of the NOx in the northeast region. Mobile sources emit more NOx, roughly 50% of the total NOx emissions for the northeast. Mobile source emissions control provisions in the CAAA offer significant reductions in NOx and VOC from mobile sources. Additional controls in motor vehicle emissions will be necessary in the Northeast because increased VMT will erode benefits from the federal emission control program. The California Low Emission Vehicle program represents one of the most significant long term mobile source emission control programs permitted by the CAAA. This program requires a ten year phasing-in of motor vehicles that emit significantly less VOC and NOx. At the turn of this century the California program

will require motor vehicle manufactures to sell significant numbers of ultra low emitting vehicles and so-called zero emitting vehicles. Regulations to adopt and implement the California Low Emission Vehicle program are currently undergoing adoption in most states in the NESCAUM region.

Stationary source emission reduction requirements for VOC continue to be emphasized in the Clean Air Act Amendments of 1990. Additional source categories will be controlled in ozone nonattainment areas required by the new regulations. In addition, source categories which were controlled in the most severe ozone nonattainment areas have been extended to other nonattainment areas.

The additional source categories of existing VOC sources which will be controlled by Reasonable Available Control Technologies include aerospace coating, ship building, industrial wastewater, solvent clean up, plastic parts surface coating, wood products surface coating, lithographic printing, SOCMI (Synthetic Organic Compound Manufacturing Industry) for distillation, reactor and batch processes, motor vehicle refinishing, and external floating roof volatile organic liquid storage tanks. Existing source categories which already have guidelines on control technologies for RACT include a variety of coating source categories (glass, urethane, paper, can, metal coil and furniture, fabric, large appliance, magnetic wire, and automobile and light duty truck), dry cleaners, pharmaceutical products, rotogravure, cutback asphalt, graphics arts, Stage I Vapor Recovery, various petroleum and gasoline storage and loading terminals and plants, architectural surface coating, SOCMI leaks, paper and pulp manufacturing, resource recovery facilities, and Publicly Owned Treatment Works (POTW). Many of these sources which have not been controlled in the Northeast will now be controlled because of the new emission category cut points established by the CAAA.

In addition to mobile source and stationary source controls, attainments strategies will likely include emission controls from area sources such as consumer and commercial products. EPA has several programs underway to provide information on reducing VOC emissions from consumer products such as domestic cleaning agents and personal grooming products. In the area of commercial products, EPA is investigating controls on 'inert' ingredients from pesticides, industrial/commercial cleaning agents, and motor vehicle care products. VOC emissions from these sources have been identified by California and northeast states as significant contributors of ozone precursors. Additional regulations are being adopted in the Northeast and California to control some of the VOC emissions from these sources.

The NESCAUM Directors recognize the magnitude of the motor vehicle's contribution to air quality problems and support the implementation of a combination of

strategies including the design, manufacture, certification, and sale of much cleaner vehicles, the distribution and use of cleaner fuels, effective enhanced inspection and maintenance programs, and transportation control policies to encourage fewer vehicle trips, reductions in vehicle miles travelled, and less congested roadways.

Under Section 177 of the CAAA of 1990, other states retain the authority granted by Congress in the 1977 Amendments to the Clean Air Act, to adopt and enforce new vehicle standards which differ from the Federal standards as long as such standards are identical to the California standards and are adopted at least two years prior to the commencement of a model year.

California has responded to its ozone nonattainment problem with a long-term plan of new VOC and NOx control initiatives designed to achieve significant reductions in emissions of these and other pollutants from current levels. To further reduce motor vehicle emissions, the California Air Resources Board (CARB) has established stringent Low Emission Vehicle (LEV) standards. Under this program, four new categories of vehicles certifying to increasingly stringent emission standards will be introduced over the next decade: transitional low emission vehicles (TLEVs), low emission vehicles (LEV), ultra-low emission vehicles (ULEVs) and zero emission vehicles (ZEVs). Compliance with the TLEV, LEV, and ULEV standards will be achieved through a combination of enhanced vehicle emission control technology and reformulated gasoline or other clean burning fuels. ZEVs are defined as vehicles with no direct exhaust or evaporative emissions; only battery-powered electric vehicles are expected to be capable of certifying to this standard in the near term. It seems that about every other week during the past year, a new announcement is made by one of the vehicle manufacturers regarding breakthroughs in electric vehicle technology. A similar encouraging trend is also occurring in regard to advancements in emission control technologies intended for use in TLEVs, LEVs, and ULEVs. Furthermore, it has been reported that the American automobile manufacturers have allocated up to a billion dollars of additional research and development funds for emission control advancements as a result of the CARB decision to adopt the LEV program. Investments of this magnitude should ensure that the motor vehicle manufacturers will comply with the future LEV emission control requirements.

In California, beginning in model year 1994, vehicle manufacturers will be required to meet progressively more stringent fleet average non-methane organic gas (NMOG) standards. Manufacturers will be allowed to meet the fleet average standard by certifying vehicles to any combination of TLEV, LEV, ULEV, ZEV or conventional vehicle standards, as long as their sales-weighted NOMG emissions do not exceed the prescribed fleet average in the given year. The certification standards for NOx and CO under the LEV

program will also be reduced to one half of the federal standards. The California LEV program includes a banking and trading component which permits manufacturers to earn marketable credits and offset poor vehicle sales or overly optimistic sales projections for a certain model year by utilizing credits previously earned by that manufacturer or a competitor. All states opting into the LEV program will benefit from these stringent standards as well as from California's continuous efforts to tighten up their program to address newly recognized problems.

NESCAUM has played a very active role in assisting all of the states in the Northeast region with the assessment of motor vehicle emissions related issues and with the development of effective regulatory programs to address these issues. Given the regional nature of the motor vehicle and fuels market, as well as the regional nature of several serious motor vehicle related air quality problems in the Northeast, regionally applied control strategies make a lot of sense.

Since 1988, NESCAUM has assisted the states with evaluating the benefits and impacts associated with adopting the California motor vehicle emission standards. NESCAUM has facilitated, on behalf of the Northeast states, many meetings with California Air Resources Board officials, U.S. Environmental Protection Agency staff and representatives from the motor vehicle industry as a means of gaining a thorough understanding of the implications of adopting California vehicle emission standards. As a result of these support activities, several states either have already or will be proposing to adopt the Low Emission Vehicle program.

Pechan Associates, working on contract for NESCAUM, completed a report in September 1991 which compares the emission benefits associated with both the California LEV program and the future Federal Motor Control Program. The final report illustrates that the implementation of the LEV program in the northeast will deliver substantial and cost effective emission reductions of hydrocarbons, nitrogen oxides, carbon monoxide and air toxics. The report projects a potential range of emission benefits by analyzing scenarios which are based on both U.S. EPA's and CARB's methodologies for generating emission factors. In the year 2015, the report estimates emission reduction benefits above and beyond the federal program of up to 62% for VOCs, 42% for NOx, and 33% for CO. Also, substantial benefits are projected for three air toxic compounds: benzene, formaldehyde, and 1,3-butadiene. These emission benefits assume the use of conventional gasoline and do not include the emission reductions expected from inspection and maintenance programs, onboard diagnostics, or reformulated gasoline. This analysis also concludes that the LEV program is very cost effective, much more cost effective than many of the controls required of industrial and utility sources during the 1980s.

Regarding the program's requirement for zero emission, or electric, vehicles, NESCAUM is currently evaluating the potential impacts on utility emissions that will result from shifting the source.of air pollutants from vehicle to power plants. Preliminary results indicate that, based on the current Northeast power grid, switching to electric vehicles will significantly reduce total VOC and CO emissions in the Northeast. Assuming a future electric vehicle fleet efficiency of 0.3 to 0.4 kilowatt hours per mile, the future electric fleet will also deliver substantial NO_x and CO_2 reductions. The electric vehicle component of the California LEV program is viewed as an essential element of the program, one which will produce substantial air quality benefits.

Twelve states in the northeastern United States have agreed to propose adoption of the California LEV program. Together these states comprise approximately 40% of the total US vehicle fleet.

States are also considering other strategies to reduce emissions from mobile sources, including reformulated gasoline, enhanced inspection and maintenance of automobiles, and transportation control measures. The federal reformulated gasoline program will require refiners to produce gasoline that achieves reductions in volatile organic compounds and air toxics of at least 15 percent by January 1, 1995, and 25 percent by January 1, 2000. This program will be applied to the nine areas of the country with the worst ambient ozone problems, including Baltimore, Maryland, Hartford, Connecticut, New York City, and Philadelphia, Pennsylvania. All other ozone nonattainment have the option of participating in the program. Maine, Massachusetts, Pennsylvania, and Rhode Island have already opted into the federal reformulated gasoline program and other states in the Northeast states are expected to join them.

States are also considering improving their vehicle inspection and maintenance programs to ensure that cars continue to meet emission standards throughout their useful life. In addition, states are considering measures to reduce the number of vehicle miles travelled so that growth in vehicle use will not offset the benefits achieved from reducing vehicle emissions. For example, in the Boston area during the 1980s, population increased by 4% while vehicle miles travelled increased by 40%. Many other urban areas experienced similar growth in vehicle use compared to population growth.

In conclusion, the Northeast states feel very strongly that all reasonable measures must be taken if the the region is to reduce levels of pollutants that lead to violations of the health standard for ozone. Since motor vehicles are the largest source of nitrogen oxides, volatile organic compounds, and toxics, it is vital that vehicle controls be implemented throughout the region.

PROTOCOLE INTERNATIONAL SUR LES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS

JEAN-PIERRE GAUTHIER
DIRECTEUR GÉNÉRAL, RÉGION DU QUÉBEC
CONSERVATION ET PROTECTION
ENVIRONNEMENT CANADA

COLLOQUE SUR LES PRÉCIPITATIONS ACIDES
ET SUR LA POLLUTION PAR L'OZONE (SMOG)
MONTRAÉL, 5 NOVEMBRE 1991

MESDAMES, MESSIEURS,
LADIES AND GENTLEMAN,

CE MIDI, J'AIMERAIS VOUS ENTRETENIR DU PROTOCOLE INTERNATIONAL SUR LES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS.

EN AOÛT DERNIER, LES NÉGOCIATIONS ENTRE LE CANADA, LES ÉTATS-UNIS ET 33 PAYS EUROPÉENS ONT ABOUTI À UN PROJET DE PROTOCOLE JURIDIQUE INTERNATIONAL VISANT LA RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS OU COV, PRINCIPAUX RESPONSABLES DES GRAVES PROBLÈMES D'OZONE TROPOSPHÉRIQUE OU DE SMOG AUXQUELS L'AMÉRIQUE DU NORD ET L'EUROPE FONT FACE.

EN 1989, AU TOUT DÉBUT DES NÉGOCIATIONS, ON M'A DEMANDÉ DE DIRIGER LA DÉLÉGATION CANADIENNE, EN M'ASSURANT QUE LA TÂCHE SERAIT SIMPLE. LAISSEZ-MOI VOUS DIRE QU'ELLE N'A JAMAIS ÉTÉ SIMPLE. CEPENDANT, J'AI ACQUIS UNE EXPÉRIENCE TOUT À FAIT UNIQUE ET JE SUIS FIER DES RÉSULTATS OBTENUS: FIER DES OBLIGATIONS LÉGALES CONCRÈTES QUI CONSTITUENT CE QUI DEVIENDRA SANS AUCUN DOUTE UNE LOI INTERNATIONALE EFFICACE.

WHEN THE VOC PROTOCOL IS SIGNED IN GENEVA LATER THIS MONTH, IT WILL BE THE THIRD INTERNATIONAL LAW ON TRANSBOUNDARY AIR POLLUTION TO BE DEVELOPED UNDER THE UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE OR THE ECE.

LA CEE, COMMISSION ÉCONOMIQUE EUROPÉENNE, A JOUÉ UN RÔLE IMPORTANT DANS DES DOSSIERS PRIORITAIRES EN MATIÈRE DE QUALITÉ DE L'AIR, COMME LES PLUIES ACIDES.

EN 1979, LE CANADA ET 34 AUTRES PAYS MEMBRES DE LA CEE, Y COMPRIS LES ÉTATS-UNIS, ONT SIGNÉ UNE ENTENTE QUI ALLAIT MARQUER LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT ATMOSPHÉRIQUE. IL S'AGISSAIT DE LA CONVENTION SUR LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE TRANSFRONTIÈRE À LONGUE DISTANCE. LA CONVENTION CONCRÉTISAIT UN OBJECTIF QUE JAMAIS ENCORE LES PAYS N'AVAIENT ATTEINT. EN EFFET, LES 35 PAYS SIGNATAIRES SE SONT ENTENDUS EN PRINCIPE POUR NE PAS SE NUIRE L'UN L'AUTRE PAR DES POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES.

PAR AILLEURS, POUR QUE LES ENTENTES JURIDIQUES PARTICULIÈRES SOIENT ENSUITE NÉGOCIÉES ET MISES EN FORCE, IL FUT DÉCIDÉ DE CRÉER UN ORGANISME EXÉCUTIF.

DEPUIS LA CRÉATION DE CET ORGANISME EXÉCUTIF, DES GROUPES DE TRAVAIL TECHNIQUES ET DES GROUPES DE NÉGOCIATION QUI EN RELÈVENT SONT DEVENUS ÉTONNAMMENT DYNAMIQUES ET EFFICACES AU SEIN DE LA CEE. EN UN PEU PLUS DE DIX ANS SEULEMENT, TROIS GRANDS PROTOCOLES SUR LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE TRANSFRONTALIÈRE ONT ÉTÉ SIGNÉS SOUS LES AUSPICES DE LA CONVENTION. SOIENT: LE PROTOCOLE SUR LES COV, QUI SERA

SIGNÉ LE 19 NOVEMBRE PROCHAIN, LE PROTOCOLE SUR L'ANHYDRIDE SULFUREUX OU PROTOCOLE D'HELSINKI, SIGNÉ EN 1985, ET LE PROTOCOLE SUR LES OXYDES D'AZOTE OU PROTOCOLE DE SOFIA, SIGNÉ EN 1988.

LA PROCHAINE CIBLE EN MATIÈRE DE POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE TRANSFRONTALIÈRE SERA PROBABLEMENT LES POLLUANTS TOXIQUES À LONGUE DISTANCE, COMME LES COMPOSÉS ORGANIQUES PERSISTANTS ET LES MÉTAUX LOURDS. DÉJÀ, ON S'EMPLOIE À RECUEILLIR DES DONNÉES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES SUR CES POLLUANTS, SOUS LA DIRECTION DE L'ORGANISME EXÉCUTIF.

BEFORE GETTING TO THE VOC PROTOCOL, I WOULD LIKE TO DIGRESS HERE FOR A FEW MINUTES TO GIVE YOU A SHORT HISTORY OF SOME ASPECTS OF THE SULPHUR DIOXIDE AND NITROGEN OXIDES PROTOCOL NEGOTIATIONS THAT CAME BACK TO <u>HAUNT</u> US IN THE VOC NEGOTIATIONS.

AU DÉBUT DES ANNÉES 80, QUAND NOUS AVONS ENTREPRIS LES NÉGOCIATIONS RELATIVES À L'ANHYDRIDE SULFUREUX, TRÈS PEU DE PAYS ÉTAIENT SENSIBILISÉS AUX CONSÉQUENCES DES POLLUTIONS ATMOSPHÉRIQUES. LE CANADA ÉTAIT PROBABLEMENT L'UN DES PLUS ENGAGÉS. LES PLUIES ACIDES FIGURAIENT DÉJÀ PARMI LES PRIORITÉS GOUVERNEMENTALES DE L'ÉPOQUE.

AUJOURD'HUI, LA POLITIQUE MENÉE PAR LES "VERTS" INFLUENCE DIRECTEMENT LA POSITION DE NOMBREUX GOUVERNEMENTS EUROPÉENS, EN MATIÈRE D'ENVIRONNEMENT. TOUTEFOIS, À CETTE ÉPOQUE, LES "VERTS" ÉTAIENT MOINS INFLUENTs ET DES PAYS COMME L'ALLEMAGNE ET LES PAYS-BAS N'ÉTAIENT PAS ENCORE CONVAINCUS DES DOMMAGES CAUSÉS PAR LES PLUIES ACIDES SUR LEURS LACS ET LEURS RIVIÈRES.

IL A FALLU CINQ ANS POUR NÉGOCIER LE PREMIER PROTOCOLE SUR LES ÉMISSIONS TRANSFRONTALIÈRES D'ANHYDRIDE SULFUREUX ET LE CANADA A JOUÉ À CETTE OCCASION UN RÔLE PRÉPONDÉRANT SUR SON CONTENU.

IN FACT, THE SO2 PROTOCOL CALLED FOR A 30% REDUCTION IN NATIONAL EMISSIONS OF SULPHUR DIOXIDE - SOMETHING THAT CANADIAN GOVERNMENTS HAD ALREADY AGREED TO DO, TO MEET THE CANADIAN ENVIRONMENTAL QUALITY GOAL OR CRITICAL LOAD OF 20 KILOGRAMS PER HECTARE PER YEAR OF SULPHUR DEPOSITION.

SCIENTISTS IN CANADA WERE CONVINCED THAT A REDUCTION IN NATIONAL EMISSIONS OF 30% WOULD MEAN THAT ALL BUT THE MOST SENSITIVE LAKES AND RIVERS IN CANADA WOULD BE PROTECTED FROM THE FALLOUT OF ACIDITY FROM CANADIAN INDUSTRY. JUST FEW OTHER DELEGATION AROUND THE NEGOTIATING TABLE HAD ANY IDEA WHAT SUCH A REDUCTION WOULD DO FOR THEIR ACID RAIN PROBLEM.

LE CANADA A DÛ ÊTRE TRÈS CONVAINCANT POUR QUE LES AUTRES PARTIES ACCEPTENT CETTE RÉDUCTION DE 30%, OBJECTIF CONSIDÉRÉ ESSENTIELLEMENT COMME L'INITIATIVE CANADIENNE.

EN EUROPE, L'OBLIGATION DE RÉDUIRE LES ÉMISSIONS SELON UN TAUX UNIFORME DE 30% A GAGNÉ LES SUFFRAGES. CET OBJECTIF EST DEVENU LE CHIFFRE MAGIQUE À FIXER, SANS ÉGARD À LA QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT NI À LA CONTRIBUTION RÉELLE DE CHAQUE SOURCE À LA GRAVITÉ DU PROBLÈME RÉGIONAL DE QUALITÉ DE L'AIR.

LE FAIT QUE CE CHIFFRE ÉTAIT TOUT À FAIT ARBITRAIRE N'Y CHANGEAIT RIEN. À MESURE QUE LE PUBLIC INTERNATIONAL PRENAIT CONSCIENCE DU PROBLÈME ET QUE LES NÉGOCIATIONS DE LA CEE DEVENAIENT DIGNES DE FAIRE LA MANCHETTE, TOUTE DÉLÉGATION NATIONALE QUI SOUHAITAIT ÊTRE VUE COMME RESPECTUEUSE DE L'ENVIRONNEMENT DEVAIT MANIFESTER UN APPUI TOTAL ENVERS CETTE RÉDUCTION SOUHAITÉE DE 30%.

QUAND LE CHIFFRE A ÉTÉ DE NOUVEAU AVANCÉ, PENDANT LES NÉGOCIATIONS DU PROTOCOLE SUR LES OXYDES D'AZOTE, LE CANADA S'EST TROUVÉ AUX PRISES AVEC UN GRAVE PROBLÈME. NOUS QUI AVIONS INSISTÉ POUR FAIRE ADOPTER CETTE PROPORTION POUR L'ANHYDRIDE SULFUREUX, NOUS NE POUVIONS PLUS MAINTENANT L'ACCEPTER PUISQU'IL ÉTAIT IMPENSABLE DE RÉDUIRE DE 30% LES ÉMISSIONS D'OXYDES D'AZOTE. NOUS SAVIONS QUE LES OXYDES

D'AZOTE NE CONTRIBUENT QUE POUR UNE FAIBLE PART AU PROBLÈME DES PLUIES ACIDES AU CANADA ET CE N'EST QUE BIEN DES ANNÉES PLUS TARD QUE NOUS ALLIONS MIEUX COMPRENDRE LEUR PART DANS LE PROBLÈME DE L'OZONE TROPOSPHÉRIQUE AU CANADA. IMPOSSIBLE, DONC, D'ACCEPTER CETTE FOIS LES 30% DE RÉDUCTION GLOBALE.

LES NÉGOCIATEURS CANADIENS ONT DONC RÉAGI EN AVANÇANT LE CONCEPT DE LA CHARGE CRITIQUE, SELON LEQUEL LA RÉDUCTION DES ÉMISSIONS D'OXYDES D'AZOTE DOIT ÊTRE EN FONCTION DE L'OBJECTIF ENVIRONNEMENTAL VISÉ. IL S'AGIT, EN D'AUTRES MOTS, DE LA CHARGE CRITIQUE DES OXYDES D'AZOTE.

LOGIQUE SUR LE PLAN SCIENTIFIQUE, MAIS PRATIQUEMENT IMPOSSIBLE À "VENDRE", LE CONCEPT DE CHARGE CRITIQUE A FINALEMENT ÉTÉ ACCEPTÉ COMME OBLIGATION LÉGALE POUR LA DEUXIÈME ÉTAPE DU PROTOCOLE DEVANT ÊTRE NÉGOCIÉE PLUS TARD.

C'ÉTAIT LÀ QUAND MÊME UNE RÉELLE PERCÉE POUR LE CANADA PUISQUE CETTE NOTION DE CHARGE CRITIQUE DEVAIT ÊTRE RETENUE DANS LES PROTOCOLES SUBSÉQUENTS.

CE LONG PRÉAMBULE VOUS PERMETTRA DE MIEUX COMPRENDRE LE PROTOCOLE SUR LES COV QUI EST ESSENTIELLEMENT UN ACCORD EN DEUX ÉTAPES, COMME LE PROTOCOLE SUR LES OXYDES D'AZOTE. IL COMPREND UN PREMIER PALIER D'OBLIGATIONS ENGAGEANT LES PAYS

SIGNATAIRES À RÉDUIRE SANS DÉLAI LE VOLUME DE LEURS ÉMISSIONS DE COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS, AINSI QU'UN SECOND PALIER D'OBLIGATIONS ENGAGEANT LES PAYS SIGNATAIRES À NÉGOCIER DE NOUVELLES RÉDUCTIONS EN FONCTION DE L'OBJECTIF ENVIRONNEMENTAL OU DU NIVEAU CRITIQUE D'OZONE TROPOSPHÉRIQUE.

IL FAUT CEPENDANT SOULIGNER QUE LE PROTOCOLE SUR LES COV DIFFÈRE CONSIDÉRABLEMENT DE SES PRÉDÉCESSEURS:

D'ABORD, ET POUR LA PREMIÈRE FOIS DEPUIS LE DÉBUT DES ENTENTES SIGNÉES EN VERTU DE LA CONVENTION SUR LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE TRANSFRONTIÈRE À LONGUE DISTANCE, LE PROTOCOLE PROPOSE TROIS FAÇONS DE SATISFAIRE AUX OBLIGATIONS FONDAMENTALES: SOIT EN RÉDUISANT LES ÉMISSIONS DE COV DU PAYS DE 30%, SOIT EN RÉDUISANT LES ÉMISSIONS DE COV DE 30% DANS CERTAINES RÉGIONS, MAIS AUSSI EN S'ASSURANT QU'IL N'Y A PAS D'AUGMENTATION DES COV TOTAUX, À COMPTER D'UNE DATE DÉTERMINÉE OU SOIT ENCORE EN MAINTENANT LES ÉMISSIONS DE COV À CERTAINS NIVEAUX DÉTERMINÉS DANS TOUT LE PAYS, C'EST-À-DIRE UN GEL DES ÉMISSIONS.

DEUXIÈME DIFFÉRENCE ENTRE LE PROTOCOLE SUR LES COV ET SES PRÉDÉCESSEURS: L'INTRODUCTION D'UN TOUT NOUVEAU CONCEPT, À SAVOIR LES ZONES DE GESTION DE L'OZONE TROPOSPHÉRIQUE.

ENFIN, CE QUI POUR NOUS, DE LA DÉLÉGATION CANADIENNE, ÉTAIT TOUT À FAIT NOUVEAU, C'EST QUE POUR LA PREMIÈRE FOIS, LES POSITIONS DÉFENDUES PAR LE CANADA DÉCOULAIENT DU PLAN CANADIEN RÉALISÉ SUITE À LA PLUS VASTE CONSULTATION PUBLIQUE JAMAIS ENTREPRISE EN VUE DE DRESSER UN PLAN DE GESTION DE LA QUALITÉ DE L'AIR.

LES NÉGOCIATIONS QUI ONT ABOUTI AU PROTOCOLE SUR LES COV ÉTAIENT LES PREMIÈRES NÉGOCIATIONS INTERNATIONALES POUR LESQUELLES LA POSITION CANADIENNE ÉTAIT FONDÉE SUR UN PLAN CONÇU PAR TOUS: LES GOUVERNEMENTS, INDUSTRIES, GROUPES D'INTÉRÊT PUBLIQUE ET GROUPES ÉCOLOGIQUES.

THE MANAGEMENT PLAN WAS DEVELOPED THROUGH A "MULTISTAKEHOLDER" CONSULTATION PROCESS THAT BROUGHT IN ALL SECTORS OF SOCIETY INCLUDING INDUSTRY, PUBLIC INTEREST GROUPS, ENVIRONMENTAL GROUPS, AND GOVERNMENTS. ALL ASPECTS OF THE PLAN, FROM ITS OVERALL GOAL TO THE CONTROL OPTIONS, WERE AGREED TO OVER A TWO YEAR PERIOD DURING WHICH 20 TO 30 INDUSTRIAL SECTORS, PUBLIC INTEREST GROUPS AND THE FEDERAL, PROVINCIAL AND MUNICIPAL GOVERNMENTS UNDERTOOK INTENSIVE STAKEHOLDER CONSULTATIONS.

FOR INSTANCE, EARLY IN THE CONSULTATIONS, IT WAS AGREED THAT THE OVERRIDING OBJECTIVE FOR THE CANADIAN PLAN SHOULD BE TO PROTECT HUMAN HEALTH AND THE ENVIRONMENT AND THAT CONSISTENT

ACHIEVEMENT OF THE CANADIAN MAXIMUM ACCEPTABLE AMBIENT AIR OZONE 1 HOUR STANDARD OF 82 PARTS PER BILLION IN ALL AREAS OF CANADA WOULD MEET THIS OBJECTIVE. IT WAS AGREED THAT THIS GOAL SHOULD BE ACHIEVED BY THE YEAR 2005.

BIEN QUE LE PROBLÈME ACTUEL D'OZONE TROPOSPHÉRIQUE EXPOSE ENVIRON LA MOITIÉ DE LA POPULATION CANADIENNE À DES NIVEAUX D'OZONE RECONNUS POUR ALTÉRER LA SANTÉ, LE PROBLÈME DE LA QUALITÉ DE L'AIR EST CIRCONSCRIT À TROIS RÉGIONS SEULEMENT. AU TOTAL, CES RÉGIONS NE COUVRENT MÊME PAS 5% DE LA SUPERFICIE DE L'ENSEMBLE DU PAYS.

NOTRE PLAN DE GESTION DES OXYDES D'AZOTE ET DES COV A ÉTÉ ADAPTÉ À LA NATURE DES PROBLÈMES D'OZONE AU CANADA; CETTE CARACTÉRISTIQUE A ÉTÉ TOUT À FAIT PRIMORDIALE POUR NOUS DÈS LE DÉBUT DE LA NÉGOCIATION.

LE PROCESSUS DE NÉGOCIATION N'EN ÉTAIT QU'À SES DÉBUTS QUAND UN GROUPE DES PAYS EUROPÉENS PARMI LES PLUS INDUSTRIALISÉS A PROPOSÉ DE RÉDUIRE LES ÉMISSIONS NATIONALES DE 30%. CETTE PROPOSITION NOUS METTAIT DÈS LE DÉPART DANS UNE POSITION DIFFICILE PUISQUE LE CANADA ÉPROUVERAIT DE SÉRIEUSES DIFFICULTÉS À RESPECTER UNE OBLIGATION ENTRAÎNANT DES RÉDUCTIONS DE 30% À L'ÉCHELLE NATIONALE. AU CONTRAIRE DES NÉGOCIATIONS PRÉCÉDENTES, TOUTEFOIS, NOUS AVIONS UN PLAN DE

GESTION DES ÉMISSIONS D'OXYDES D'AZOTE ET DE COV, QUI PERMETTAIT D'ÉTABLIR NOTRE POSITION ET DE LA JUSTIFIER.

LE CANADA N'A PAS BESOIN DE RÉDUIRE GLOBALEMENT LES ÉMISSIONS DE COV DE 30%, COMME LE MONTRE NETTEMENT LE PLAN DE GESTION, POUR ATTEINDRE D'ICI L'AN 2005 L'OBJECTIF CORRESPONDANT À LA NORME DE QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT DE 82 PARTIES PAR MILLIARD. IL SUFFIRAIT DE RÉDUIRE LES ÉMISSIONS TOTALES DE COV D'ENVIRON DE 16% PENDANT LA PREMIÈRE PHASE ET D'AUGMENTER LES RÉDUCTIONS D'UNE PROPORTION UN PEU PLUS GRANDE POUR LA SECONDE PHASE.

À LA CINQUIÈME SÉANCE DE NÉGOCIATION, L'AVANT DERNIÈRE, IL A ALORS SEMBLÉ À TOUS LES PAYS PARTICIPANT AUX NÉGOCIATIONS QUE SI LA SEULE OPTION RETENUE ÉTAIT DE RÉDUIRE LES ÉMISSIONS NATIONALES DE L'ORDRE DE 30%, LE PROTOCOLE SERAIT SIGNÉ PAR UN PETIT NOMBRE DE PAYS ET QU'IL N'AURAIT QUE PEU D'EFFET SUR LE PROBLÈME DE L'OZONE TROPOSPHÉRIQUE DANS LA RÉGION DE LA CEE. C'EST ALORS QUE L'OPTION DU GEL A ALORS ÉTÉ PROPOSÉE, EN VUE D'OBTENIR L'ADHÉSION DES PAYS DE L'EUROPE DE L'EST DONT LES ÉMISSIONS, NATIONALES ET PAR INDIVIDUS, SONT FAIBLES EN COMPARAISON DES PAYS DE L'OUEST.

LE CANADA RESTAIT TOUJOURS ISOLÉ. NOUS NE POUVIONS ACCEPTER UNE RÉDUCTION DE 30% À L'ÉCHELLE NATIONALE ET NOUS NE SATISFAISIONS PAS AUX CRITÈRES DU GEL.

NOUS EN ÉTIONS PRESQUE AU DERNIER JOUR DE TRAVAIL DE LA CINQUIÈME SÉANCE QUAND ENFIN LA SOLUTION EST APPARUE. LE CANADA A INTRODUIT UN TOUT NOUVEAU CONCEPT APPELÉ ZONES DE GESTION DE L'OZONE TROPOSPHÉRIQUE (TERRITOIRE). L'IDÉE ÉTAIT QUE CHAQUE NATION RÉDUISE SES ÉMISSIONS DE COV DE 30% DANS TOUTES LES RÉGIONS QUI CONTRIBUAIENT À AUGMENTER LA TENEUR DES ÉTATS VOISINS EN OZONE TROPOSPHÉRIQUE. C'ÉTAIT DONC DIRE QU'AU CANADA, IL FAUDRAIT DÉSIGNER COMME ZONE DE GESTION LE CORRIDOR QUÉBEC-WINDSOR ET LA VALLÉE INFÉRIEURE DU FRASER.

UNPRECEDENTED IN INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL LAW, THE TOMA IDEA MIRRORS DIRECTLY THE CANADIAN NOx/VOC MANAGMENT PLAN. IT IS TECHNICALLY AND SCIENTIFICALLY SOUND BOTH IN PRACTICE AND IN PRINCIPLE. IT REFLECTS THE REGIONAL NATURE OF THE GROUND LEVEL OZONE PROBLEM IN COUNTRIES WITH LARGE LANDMASSES OR THAT ARE BOUNDED BY LARGE BODIES OF WATER.

DANS QUELQUES SEMAINES, LE CANADA SE PROPOSE DE SIGNER CET IMPORTANT PROTOCOLE INTERNATIONAL AUQUEL NOUS AVONS ACTIVEMENT CONTRIBUÉ. CETTE CONTRIBUTION A ÉTÉ VALABLE PRINCIPALEMENT PARCE QUE LE CANADA AVAIT BIEN FAIT SES DEVOIRS EN RÉALISANT SON PROPRE PLAN NATIONAL DE RÉDUCTION DES COV MAIS AUSSI GRÂCE À L'EXPERTISE SCIENTIFIQUE DE HAUT CALIBRE DONT IL DISPOSAIT.

CE QUE, PERSONNELLEMENT, J'AI APPRIS AU COURS DE CES TROIS ANNÉES DE NÉGOCIATION, C'EST QUE NOUS VIVIONS MAINTENANT DANS LE MÊME VILLAGE GLOBAL ET QU'IL NE SERA JAMAIS PLUS POSSIBLE POUR UN PAYS DE SE DÉVELOPPER SANS CONSIDÉRATION POUR SES VOISINS. NOUS DEVRONS CONCEVOIR DES RÈGLES ENVIRONNEMENTALES INTERNATIONALES BASÉES SUR LA SCIENCE, SUR LES DIFFÉRENCES SOCIALES ÉCONOMIQUES ET POLITIQUES ET SURTOUT SUR DES COMPROMIS ÉQUITABLES.

MERCI.

IMPACT DES INITIATIVES DU PLAN DE GESTION DU CCME EN MATIÈRE DE RÉDUCTION DES NO_x ET DES COV SUR L'INDUSTRIE CANADIENNE DU RAFFINAGE ET DE LA DISTRIBUTION DU PÉTROLE

par

Roger J. Lafleur
Coordonnateur de l'environnement
Institut canadien des produits pétroliers

INTRODUCTION

L'industrie canadienne du raffinage et de la distribution du pétrole risque gros par suite de l'adoption du Plan de gestion pour les COV et les émissions de NOx du CCME. En effet, l'industrie produit 98 300 tonnes d'émissions de COV, soit environ 5,5 p. 100 de l'inventaire national de COV (1). Le seul secteur des transports, le principal consommateur des produits de notre industrie, émet 745 000 tonnes de COV, soit 40 p. 100 de l'inventaire national de COV. (2)

L'industrie a reconnu les efforts importants qu'on a dû déployer à l'échelle nationale pour en arriver au plan du CCME. L'industrie a participé de façon dynamique aux consultations nationales ainsi qu'aux travaux des groupes de travail mis sur pied pour élargir la base de renseignements sur laquelle s'appuie le plan. L'association représentant l'industrie, soit l'Institut canadien des produits pétroliers (ICPP), n'a pas tardé non plus à commenter le plan préliminaire lorsque celui-ci a été dévoilé. La position de l'ICPP s'est appuyée sur les principes importants mis de l'avant par le Groupe de travail sur la répartition. C'est ce même groupe qui avait imposé les balises suivantes au plan : (a) trouver des solutions canadiennes à des problèmes canadiens; (b) trouver des solutions économiques qui résoudront les vrais problèmes; (c) privilégier une approche étapiste et régionale.

L'industrie canadienne des produits pétroliers voit d'un bon oeil l'approche régionale retenue par le plan. On doit reconnaître qu'il n'existe au Canada que deux régions importantes où, (a) pendant l'été, les concentrations d'ozone au niveau du sol peuvent dépasser durant un certain nombre de jours les objectifs nationaux de qualité de l'air découlant du niveau acceptable de 82 ppm et (b) que ces dépassements ne proviennent pas uniquement de l'ozone en provenance du sud. Ces deux régions sont évidemment la vallée inférieure du Fraser (VIF) et le corridor Windsor-Québec (CWQ). L'ICPP favorise donc l'adoption de mesures de contrôle visant à corriger le problème d'ozone dans ces deux régions pendant l'été.

Notre industrie est touchée directement par les initiatives suivantes :

Initiatives de réduction des NOx

N103 - Efficacité énergétique dans l'industrie

N104 - Vérification des bilans énergétiques par l'industrie

N306 - NRSN - Chaudières industrielles

N603 - Modernisation - chaudières industrielles existantes

N605 - Modernisation - procédés de raffinage existants

Initiatives de réduction des COV

V302 - NRSN - Réservoirs de stockage des liquides volatils

V602 - Limite de volatilité de l'essence - 62 kPa

V603 - Équilibre vapeurs - Dépôts d'essence anciens et nouveaux

V604 - Équilibre vapeurs - Stations-service nouvelles et anciennes

V605 - Plein d'essence - Équilibre vapeurs (phase II)

V606 - Modernisation - réservoirs de stockage des liquides volatils

V607 - Contrôle des émissions fugitives - raffineries

Permettez-moi d'ajouter que certaines des initiatives visant les sources de transport pourraient avoir un impact considérable sur l'industrie du raffinage du pétrole. En effet, cette industrie pourrait se voir forcée de développer de nouvelles formules pour ses essences. Pour nous en convaincre, nous n'avons qu'à jeter un coup d'oeil sur ce qui se passe aux États-Unis où la nouvelle loi sur l'assainissement de l'air impose des changements radicaux aux formules de fabrication des essences. Ces initiatives sont les suivantes :

N301 - Limite d'émissions de NOx - véhicules/camions légers

N302 - Limite d'émissions de NOx - véhicules lourds

N303 - Limite d'émissions de NOx - moteur diesel de construction

V301 - Limite d'émissions des COV - véhicules/camions légers

INITIATIVES DE RÉDUCTION DES NOx

Il existe trois sortes d'initiatives de réduction des NOx : les initiatives visant l'efficacité énergétique; celles qui favorisent une réduction directe des émissions de NOx dans les chaudières et les brûleurs des raffineries; et, finalement, une diminution des NOx dans certains processus utilisés dans les raffineries, le plus important de ces processus étant sans doute le craquage catalytique.

Efficacité énergétique

Le raffinage du pétrole exige des quantités considérables d'énergie : on doit brûler environ 6 % de la matière première de la raffinerie pour produire l'énergie thermique nécessaire à la distillation du brut et aux différents procédés de raffinage, de conversion et de traitement qui doivent s'effectuer à des températures élevées.

L'industrie du raffinage du pétrole participe depuis 1972 au Programme Canadien d'Economie d'Energie Industrielle (Canadian Industry Program for Energy Conservation - CIPEC). Dans le cadre de ce programme volontaire, les industries canadiennes ont enregistré leur rendement en matière de conservation d'énergie et en ont fait état publiquement. Ainsi, l'industrie du raffinage a pu démontrer qu'elle avait réalisé des progrès constants depuis le lancement du programme en 1972. La consommation d'énergie nette a subi une diminution de 7 % entre 1985 et 1989. Il ne s'agit là que d'une partie de la diminution de 32,6 % enregistrée pour la période allant de 1972 à 1989 (3). Les raffineries sont toujours à la recherche de processus plus efficients. Cependant, il est de plus en plus difficile de réduire la consommation d'énergie par suite d'un accroissement constant de l'intensité du traitement. Cette intensité provient de l'élimination du plomb (maintenant terminée), de la désulfuration accrue des produits et d'autres modifications apportées à la composition des produits.

Pour l'industrie du raffinage, les occasions de conserver l'énergie sont maintenant une composante essentielle de ses pratiques de raffinage efficaces. L'industrie appuie l'initiative du CCME. Selon elle, on peut très bien promouvoir la conservation de l'énergie sans avoir recours au contrôle et à la coercition.

Réduction des NOx provenant des fours et des chaudières

Les raffineries de pétrole consomment plusieurs types de combustibles : du gaz de raffinerie, du gaz naturel, du fuel résiduel et du coke de pétrole. On peut parvenir à une réduction des émissions de NOx provenant de ces combustibles :

- en changeant la géométrie de combustion, c'est-à-dire en utilisant des brûleurs à faible émanation de NOx, ou

- en réduisant chimiquement les NOx qui se sont formés dans la flamme en ayant recours soit au processus de réduction catalytique sélective, soit au processus de réduction non catalytique sélective.

Une étude menée par la firme Padgett Process Services pour le compte de l'Institut a permis d'évaluer les exigences de la modernisation et ce qu'il en coûterait aux raffineries canadiennes pour se conformer aux limites de NOx proposées dans le plan du CCME (4). La modernisation des raffineries de la Colombie-Britannique, de l'Ontario et du Québec (VIF et CWQ) coûterait 138 millions de dollars. Le rapport coût-efficacité varie beaucoup d'une région à l'autre. Ainsi, il s'établit à 0,21 kg/j de NOx éliminé par 1 000 $ d'équipement installé en Ontario, à 0,11 kg/j de NOx éliminé par 1 000 $ en Colombie-Britannique.

Pour respecter les lignes directrices, les quelque 500 fours et chaudières des raffineries canadiennes devraient avoir recours aux techniques suivantes :

Brûleurs à faible émanation de NOx	13,7 %
Passage du tirage naturel au tirage forcé	5,6 %
Recirculation du gaz de carneau	8,1 %
Réduction non catalytique sélective	72,6 %

Le plan du CCME estime que l'initiative N603 s'accompagnera d'un coût de réduction de 1 000 $ la tonne. Compte tenu d'un rendement du capital investi fixé à 20 %, les données de l'Institut mentionnées ci-dessus en arrivent à des coûts annuels beaucoup plus élevés, des coûts variant de 2 600 $/t à 5 000 $/t.

Modernisation des procédés de raffinerie existants

Dans le plan du CCME, l'initiative N605 soutient qu'il n'en coûtera que 3 000 $/t pour éliminer 7 200 tonnes de NOx par année des procédés de raffineries, en particulier du craquage catalytique. L'Institut a commandé une étude à la firme Padgett Process Services pour évaluer la faisabilité d'un tel programme de réduction et pour en estimer les coûts. L'étude doit être terminée à la mi-décembre 1991.

Toutefois, la faisabilité et les coûts rattachés à cette initiative préoccupent déjà l'industrie du raffinage du pétrole. En raison de l'élimination du coke par combustion des catalyseurs, les émissions de NOx devraient provenir des sources mêmes des procédés. Or, il n'existe présentement aucune technique éprouvée de contrôle dans l'ensemble de l'industrie. La mise en oeuvre d'une telle initiative représenterait donc un défi technique de taille pour l'industrie canadienne.

LES INITIATIVES DE RÉDUCTION DES COV

Limite de volatilité de l'essence - 62 kPa (9 lb/pc)

L'Institut a appuyé l'objectif du CCME de limiter la TVR de l'essence d'été à 10,5 lb/pc. Cet objectif avait été énoncé en octobre 1989. En fait, depuis l'été de 1990, les membres de l'ICPP ont volontairement restreint la TVR à cette limite dans les provinces où la TVR ne fait pas l'objet de réglementation. Toutefois, l'Institut est d'avis qu'il reste à démontrer l'efficacité d'une limite de la TVR à 9 lb/pc, et que cette nouvelle limite ne devrait être mise en vigueur que dans les régions où elle aura un effet réel. À cet égard, l'Institut s'est dit d'accord avec le gouvernement de la Colombie-Britannique lorsque ce dernier l'a consulté sur la nouvelle réglementation limitant la TVR de l'essence d'été à 9 lb/pc à compter de 1992, et ce, dans la seule région de la vallée inférieure du Fraser où cette mesure aura des conséquences importantes.

D'après une étude menée pour le compte de l'Institut [5], les raffineurs canadiens paieront environ 21 cents de plus le litre pour faire passer la TVR de l'essence d'été des niveaux d'avant 1990, soit 11,5 lb/pc, au niveau de 10,5 lb/pc. Le montant total serait donc d'environ 26 millions de dollars par année. D'autre part, si on fait passer la TVR d'été de 11,5 à 9 lb/pc, les coûts annuels de raffinage au Canada subiraient alors une hausse d'environ 81 millions de dollars, soit environ 0,5 cents de plus le litre. L'augmentation dans les seules provinces de la Colombie-Britannique, de l'Ontario, du Québec et des Maritimes serait d'environ 65 millions de dollars.

Il est difficile d'évaluer la réduction des émissions de COV provenant d'une volatilité réduite de l'essence. Les émissions de vapeurs de toutes les sources d'émissions suivantes diminueront aussi en conséquence: (a) les pertes par respiration des réservoirs de stockage, (b) les opérations de transfert de l'essence, (c) le ravitaillement des véhicules et (d) les pertes courantes des véhicules. L'ICPP n'a pas évalué les réductions qui pourraient en découler. Selon le plan du CCME, la réduction sera de 49 000 tonnes par année en l'an 2005, dans la VIF et le CWQ seulement, et il en coûtera 1 000 $ par année pour éliminer une tonne de COV. L'évaluation des coûts de l'ICPP correspond en gros à l'évaluation des coûts apparaissant dans le plan du CCME.

Émissions de COV du réseau de distribution de l'essence

Selon l'inventaire de 1988 des émissions de l'industrie du raffinage et de la commercialisation des produits pétroliers, les

stations-service, les terminaux et les installations de stockage en vrac produisent environ la moitié des émissions de COV de l'ensemble de l'industrie, alors que les raffineries sont responsables de l'autre moitié. Les émissions provenant des réseaux de distribution résultent principalement de la manipulation de l'essence.

Trois opérations précises de manipulation de l'essence s'accompagnent d'émissions :

1. Entreposage : Les émissions proviennent des concentrations élevées de vapeurs d'essence dans l'espace situé au-dessus du liquide. Bien que la plupart des réservoirs importants soient munis de systèmes de confinement et de récupération, les petits réservoirs ne le sont pas. Ils sont responsables du plus grand volume des pertes.

2. Chargement : Le transfert d'essence s'accompagne toujours d'un déplacement d'air et de vapeurs dans les véhicules chargés. À défaut de récupérer ces vapeurs, celles-ci s'échappent dans l'atmosphère. Le réseau de distribution, de la raffinerie au véhicule, comporte un certain nombre de contenants intermédiaires de stockage et de transfert, soit le réservoir du terminal ou de l'installation de stockage en vrac, le camion-citerne et le réservoir de la station-service. Chacun de ces contenants peut laisser échapper des vapeurs dans l'atmosphère.

3. Ravitaillement : Le dernier transfert d'essence, soit celui du réservoir de la station-service au véhicule, s'accompagne d'un déplacement de vapeurs d'essence du réservoir du véhicule. À défaut de récupérer ces vapeurs, celles-ci s'échapperont aussi dans l'atmosphère.

Réservoirs de stockage des liquides volatils

Le contrôle des réservoirs de liquides volatils a constitué l'une des premières mesures prises par l'industrie du raffinage et de la distribution des produits pétroliers. Tous les réservoirs des grandes raffineries et des terminaux contenant de l'essence et d'autres produits volatils ou intermédiaires, sont des réservoirs à toit flottant. L'inventaire des émissions de COV des

raffineries, des terminaux et des réservoirs de stockage en vrac a permis d'apprendre que la plus grande partie des émissions provient des petits réservoirs, là où les coûts d'installation de mécanismes de contrôle seraient prohibitifs.

L'initiative V-606 exige qu'on modernise tous les réservoirs de liquides volatils des régions à ozone élevé en y installant des mécanismes de contrôle des vapeurs. Les terminaux et les installations de stockage en vrac des compagnies membres de l'Institut et de leurs agents comptent plus de 2 000 réservoirs. Les trois quarts de ces réservoirs sont des réservoirs à toit fixe. Munir ces réservoirs de mécanismes de contrôle des vapeurs entraînerait des coûts énormes.

L'Institut est en faveur du contrôle des vapeurs qui s'échappent des réservoirs, mais l'industrie doit être invitée à participer à la préparation des lignes directrices si on veut que celles-ci soient efficaces, pratiques, réalisables et économiques.

Phase I - La récupération des vapeurs aux stations-service et aux dépôts d'essence

L'équilibrage et la récupération ou le retour en boucle des vapeurs est un moyen très efficace de confiner et de récupérer les vapeurs de combustibles durant les opérations de transfert et de chargement. Pendant le transfert, les vapeurs déplacées du réservoir recevant l'essence sont tout simplement retournées au réservoir chargeant l'essence. Il s'y trouve déjà un volume équivalant au liquide qui a été déplacé dans le réservoir recevant l'essence. La figure 1 montre bien comment fonctionne le système [6].

Le retour en boucle des vapeurs peut être un moyen de contrôle efficace. En effet, son efficacité moyenne se situe entre 80 % et 85 %. Cependant, l'efficacité du système dépend en grande partie de la qualité de l'entretien et du bon fonctionnement de tous les éléments du système. Il va sans dire que l'élément le plus crucial est sans doute le camion qui livre le pétrole brut. Si le chauffeur du camion ne branche pas les raccords de vapeur pendant le chargement et le déchargement, il n'y a ni retour en boucle des vapeurs, ni récupération : l'efficience est alors nulle. De plus, si le camion ne fait pas l'objet d'un entretien adéquat, on enregistrera des pertes pendant que s'effectue le retour en boucle. L'efficience s'en trouvera donc considérablement réduite.

Au mois de mai 1991, les quatre membres de l'Institut qui exploitent des terminaux de distribution d'essence dans la grande région de Vancouver ont lancé un programme de phase I. Ce

programme comporte l'installation d'unités de récupération des vapeurs dans quatre terminaux, dans quelque 550 stations-service et sur environ 70 camions-citernes [7]. À ce jour, le programme a coûté entre 10 et 15 millions de dollars. D'après les premières estimations, on réussira à retenir environ 40 % des quelque 6 500 tonnes d'émissions de COV provenant de la commercialisation de l'essence.

L'Institut, le district régional de l'agglomération de Vancouver, le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique et Environnement Canada ont entrepris une analyse coûts-avantages du projet de Vancouver. Cette étude permettra d'identifier toutes les sources d'émissions dans la région, de mettre à l'épreuve l'efficacité des éléments du système, de comparer les niveaux d'émissions aux niveaux enregistrés avant le lancement du programme, et finalement, de calculer le coût global du programme. Entreprise en 1990, l'étude doit être terminée en 1992.

Les premières données sur le projet de Vancouver nous indiquent que le rapport capital/tonne de la phase I serait de l'ordre de 4 000 $ à 6 000 $ par année pour chaque tonne de COV éliminée. Ces chiffres correspondent à l'estimation de CONCAWE, soit 1 300 $ à 9 000 $ la tonne de vapeurs d'essence récupérée [8]. Cette estimation varie grandement en fonction de l'importance du réseau de distribution qui peut aller de 50 000 tonnes par année à 1 million de tonnes par année.

Pour sa part, le Plan de gestion pour les NOx et les COV estime qu'il en coûtera entre 100 $ et 200 $ pour chaque tonne de COV enlevée. Pendant la phase I, les frais d'exploitation annuels de l'équipement sont minimes. La dépense la plus importante est sans doute celle qui est liée aux frais d'exploitation de l'unité de récupération. Ces frais seront considérables si l'on doit procéder au remplacement du charbon actif. On peut évidemment tirer profit de la faible quantité de produit récupérée par les systèmes de phase I. Selon CONCAWE, le produit récupéré représente au total 0,170 % du débit. Pour un terminal moyen manipulant 500 millions de litres par année, le valeur du produit récupéré s'établit donc à environ 170 000 $ par année, ce qui équivaut aux frais d'exploitation. Cependant, on ne doit pas négliger les frais intangibles qui découlent, entre autres, des délais supplémentaires de chargement et de déchargement imposés aux camions-citernes.

Compte tenu d'un rendement du capital investi de 20 %, ce coût d'installation de 4 000 $ à 6 000 $ représente donc le coût annuel le plus important, soit 800 $ à 1 200 $ pour chaque tonne de COV éliminée.

L'industrie a pris les devants en lançant un programme de phase I en Colombie-Britannique. Elle lancera sous peu un programme semblable à Toronto. Ces gestes ont été posés avant même d'être exigés par une réglementation. L'industrie voit dans la phase I une façon pratique et rentable de contrôler les émissions de COV.

Phase II - Le retour en boucle des vapeurs durant le ravitaillement des véhicules

Il existe deux méthodes pour récupérer les vapeurs d'essence provenant des véhicules lors du ravitaillement : le retour en boucle des vapeurs de phase II ou l'installation de pots d'absorption sur les véhicules ravitaillés. Dans le cas de la phase II, les vapeurs déplacées du réservoir d'essence de l'automobile ou autre véhicule ravitaillé sont retournées au réservoir souterrain de la station-service grâce à des pistolets de remplissage munis de manchons, et à un boyau coaxial ou à deux points. Dans le cas des pots d'absorption installés sur les véhicules, les vapeurs provenant du réservoir d'essence du véhicule seraient acheminées vers un pot contenant du charbon actif qui les absorberait. Les vapeurs d'essence ainsi récupérées seraient ensuite purgées sous l'effet de l'air, puis introduits dans le moteur en marche.

Les automobiles actuelles sont déjà dotées d'un petit pot qui récupère les pertes par respiration du véhicule. Pour absorber également les vapeurs de ravitaillement, ce pot devrait avoir une capacité agrandie de 4 à 5 litres.

D'autre part, installer des systèmes de phase II dans les stations-service est une entreprise particulièrement complexe. En plus d'installer des pistolets de remplissage spéciaux, des boyaux coaxiaux, et des soupapes ou des pompes à vide, on doit mettre en place un tube souterrain pour récupérer les vapeurs. Ce tube doit partir des îlots de service pour se rendre jusqu'aux réservoirs souterrains.

Selon les compagnies membres de l'Institut, il en coûterait entre 10 000 $ et 15 000 $ pour doter les nouvelles stations-service de pistolets et boyaux coaxiaux de phase II et pour installer la tuyauterie requise. Dans le cas des stations-service existantes, les coûts seraient encore plus élevées. En effet, il faudrait enlever le tablier actuel et creuser une tranchée avant de pouvoir installer la nouvelle tuyauterie. C'est cette dernière qui reliera les îlots de services aux réservoirs souterrains et à travers laquelle passeront les vapeurs. Ce sont ces frais de

creusage et de modernisation qui feront varier le coût total par station de 20 000 $ à 50 000 $.

À l'heure actuelle, on compte environ 3 000 importants points de vente de plus d'un million de litres par année dans la VIF et dans le CWQ. L'investissement de l'industrie serait donc de l'ordre de 60 à 150 millions de dollars. Les frais d'entretien annuels seraient d'environ 1 000 $ par station.

L'efficacité des systèmes de phase II dépend en grande partie d'une bonne utilisation du système. Les expériences menées aux États-Unis nous indiquent que l'efficacité de ces systèmes ne dépasse guère 60 %. Si le produit récupéré représentait 0,1 % du débit [8], on réussirait à récupérer environ 1,1 tonne par année d'une station-service vendant 1,5 million de litres. En termes de rentabilité, on constate qu'il en coûte entre 18 000 $ et 45 000 $ pour éliminer une tonne de COV chaque année. La rentabilité de la phase II est donc de 5 à 8 fois inférieure à celle de la phase I

Pour l'Institut, l'installation de pots d'absorption à plus grande capacité constitue un moyen beaucoup plus économique et efficace de contrôler les pertes de ravitaillement. L'efficacité d'un pot d'absorption peut atteindre près de 100 %. Aussi, cette méthode est à l'abri des coups que doivent encaisser les systèmes de phase II, des coups comme les rigueurs du climat, l'entretien insuffisant, les abus à l'usage, etc. Et aussi, en récupérant ainsi le produit, on augmente l'essence disponible pour l'automobiliste dans une proportion de 0,17 % [8].

Non seulement un système installé sur le véhicule retient-il les pertes de ravitaillement, mais il capture aussi les pertes courantes qui sont souvent de 2 à 10 fois plus importantes comme on peut le voir dans la figure 2 [9]. S'il en coûtait environ 25 $, ou même 100 $ au pire, pour installer un plus grand pot sur les 1,5 million de véhicules neufs vendus au Canada chaque année, la société canadienne aurait à débourser un total global comparable à ce qu'il en coûterait pour installer l'équipement de phase II dans la VIF et dans le CWQ. Le pot d'absorption est une solution plus efficace parce qu'il réussit à contrôler à la fois les pertes de ravitaillement et les pertes courantes. On doit aussi souligner que les niveaux les plus élevés des pertes courantes sont enregistrés lorsque les températures ambiantes sont élevées, soit les jours où les niveaux d'ozone sont aussi les plus élevés.

L'Institut est d'avis que la phase II est une mesure de contrôle peu efficace d'un point de vue économique. Les pots d'absorption améliorés, eux, constituent une mesure beaucoup plus efficace. Une fois installés, ils rendraient superflus les systèmes de phase II. Vous n'êtes pas sans savoir que le débat sur

les pots d'absorption se poursuit présentement aux États-Unis. Nous croyons que le Canada devrait attendre la fin de ce débat chez nos voisins du Sud avant de se lancer dans un programme de phase II sur son propre territoire.

Le contrôle des émissions fugitives d'hydrocarbures des raffineries

L'industrie du raffinage du pétrole a déjà reconnu que les programmes de contrôle des émissions fugitives d'hydrocarbures constituent un moyen économique de réduire les émissions. L'Institut a pris les devants dans ce domaine en identifiant clairement les différents éléments de tels programmes de contrôle et en évaluant l'impact de ces programmes sur l'industrie canadienne du raffinage. L'Institut a parrainé un colloque sur ce sujet à Toronto, en mars 1991, pour renseigner tous les intervenants sur les incidences de tels programmes.

L'industrie est d'avis que ces programmes peuvent contribuer à réduire les émissions de COV. Pour y parvenir, ces programmes doivent s'attaquer aux vraies sources des émissions de COV et proposer des solutions raisonnables, des solutions qui tirent le maximum des efforts déployés pour réduire les émissions, tout en limitant au minimum les rapports inutiles et les autres fardeaux improductifs.

Les programmes de contrôle des émissions fugitives, appelés plus justement programmes de détection et de réparation des fuites, coûtent entre 0,2 et 1,5 million de dollars par année (10). Ce coût est fonction de la fréquence d'inspection et de réparation (à chaque mois, à chaque année ou pour toute autre période intermédiaire) et de l'importance de l'analyse et de l'établissement de rapports. Ces coûts s'appliquent aux raffineries traitant 100 000 barils par jour et où l'on retrouve en moyenne 50 000 sources possibles d'émissions fugitives.

L'Institut est en faveur des programmes de contrôle des émissions fugitives pour les raffineries canadiennes. La contribution de l'industrie doit être mise à profit pour préparer le code de pratique proposé. Pour être efficace et facile à appliquer, ce code de pratique doit être axé sur les objectifs et non sur les procédures.

CONCLUSIONS

L'Institut reconnaît qu'on doit adopter des mesures de contrôle pour réduire les niveaux d'ozone dans les régions canadiennes qui font problème, soit la vallée inférieure du Fraser

et le corridor Windsor-Québec. L'Institut appuie les mesures de contrôle visant ces deux régions et qui peuvent être mises en oeuvre pendant la période estivale, période pendant laquelle on enregistre des excédents d'ozone. Cependant, de telles mesures doivent être efficaces d'un point de vue économique et doivent s'accompagner de progrès réels.

La mise en oeuvre de la phase I à Vancouver et à Toronto, avant même que la réglementation ne l'exige, confirme que l'industrie est disposée à endosser les mesures qu'elle juge efficaces et rentables. Le colloque de mars 1991, à Toronto, est un autre exemple du rôle de chef de file que l'industrie veut jouer. À cette occasion, l'industrie a réuni à une même table des représentants de l'industrie et des gouvernements pour discuter des émissions fugitives dans les raffineries canadiennes et pour jeter les bases de programmes de contrôle en cette matière.

L'analyse sommaire que je viens de vous présenter, concernant les retombées économiques qu'auront les initiatives du CCME pour les NOx et les COV sur l'industrie du raffinage et de la distribution du pétrole, démontre bien qu'il y a des variations importantes en matière d'efficacité et de rentabilité. Vous retrouverez au tableau 1 le résumé des coûts que j'ai énumérés. L'industrie recommande donc aux différents paliers de gouvernement d'étudier attentivement la rentabilité et les progrès qu'on peut réaliser avant d'adopter quelque mesure que ce soit. On doit également éviter de retenir des mesures superflues. Souvenons-nous que certaines mesures de réduction peuvent se recouper, comme la phase II, les pots d'absorption et la réduction de la TVR dans l'essence. En adoptant des mesures superflues, on diminue du même coup la rentabilité de chacune des mesures.

Au Canada, l'industrie pétrolière d'aval doit investir de façon importante dans plusieurs projets touchant l'environnement. Certains de ces investissements atteignent des millions de dollars comme le souligne le tableau 2. L'industrie doit donc scruter à la loupe le rendement du capital investi, autant en termes de rentabilité que de bienfaits pour l'environnement.

L'Institut continuera de mettre au point, avec les gouvernements et les autres intervenants, des instruments efficaces qui nous permettront de réduire les émissions de NOx et de COV et d'atteindre les niveaux cibles. L'Institut canadien des produits pétroliers s'engage à offrir son expertise et ses ressources aux groupes de travail du CCME, comme il l'a fait dans le passé, pour établir et maintenir un inventaire permanent, pour en arriver à de solides évaluations scientifiques et techniques, ainsi qu'à des codes de pratique et à des lignes directrices qui seront applicables.

REFERENCES

1. B.H. Levelton & Associates and RTM Engineering Ltd., "Atmospheric Emissions from Canadian Petroleum Refineries and the Associated Gasoline Distribution System for 1988", préparé pour l'Institut canadien des produits pétroliers, Rapport CPPI 91-7, février 1991.

2. Le Conseil canadien des ministres de l'environnement, "Plan de gestion pour les oxydes d'azote (NOx) et les composés organiques volatils (COV) - Phase I", novembre 1990

3. Canadian Industry Program for Energy Conservation, "Annual Report - 1989", October 1990.

4. Padgett Process Services Ltd., "A Study to Assess the Available Technology and Associated Costs of Reducing NOx Emissions from the Canadian Petroleum Refining Industry", préparé pour l'Institut canadien des produits pétroliers, Rapport CPPI 91-1, novembre 1990.

5. RTM Engineering Ltd., "Canadian Refinery RVP Phasedown Impact Survey", préparé pour l'Institut canadien des produits pétroliers, Rapport PACE/CPPI 89-7, novembre 1989.

6. Le Conseil canadien des ministres de l'environnement, "Code de recommendations techniques pour la protection de l'environnement applicable à la récupération des vapeurs dans les réseaux de distribution d'essence.", mars 1991.

7. Mohr, S., "Stage I Vapour Recovery Pilot Project in the Vancouver Lower Mainland", présenté au 84e congrès annuel du Air and Waste Management Association, Vancouver, juin 1991.

8. CONCAWE, "VOC Emissions from Gasoline Distribution and Service Stations in Western Europe - Control Technology and Cost-Effectiveness", préparé pour CONCAWE Air Quality Management Group's Special Task Force on VOC Emissions Control and Cost-Effectiveness (AQ/STF-36), mars 1990

9. JAPCA The Journal of the Air and Waste Management Association, "MVMA Newsletter", p.862, Vol. 39, No. 6, juin 1989.

10. ENSR Consulting and Engineering, "Fugitive Hydrocarbon Emissions Discussion Paper", préparé pour l'Institut canadien des produits pétroliers, Rapport CPPI 91-5, février 1991.

TABLEAU 1 - RENTABILITÉ DES INITIATIVES

Initiative	Coût total pour l'industrie canadienne	RENTABILITÉ ($ par tonne/année de NOx/COV éliminés) Évaluations de l'ICPP	Évaluations du CCME
Réduction des NOx des fours	138 000 000 $ (dans la VIF et le CWQ seulement)	2 000 $ à 5 000 $	1 000 $
Réduction des NOx des procédés	?	réalisable?	3 000 $
Réservoirs de stockage - liquides volatils	?	?	400 $
Volatilité de l'essence - limites d'été	65 000 000 $ (coût annuel)	environ 1 000 $, mais peut être superflu si autres mesures adoptées	1 000 $
Phase I	100 000 000 $ (installation)	800 $ à 1 200 $	200 $
Phase II	150 000 000 $ (installation)	4 500 $ à 10 000 $	3 000 $
Émissions fugitives des raffineries	15 000 000 $ (coût annuel)	environ 500 $	400 $
Pots d'absorption installés sur les véhicules	38-150 000 000 $	?	pas envisagé

TABLEAU 2 - COÛTS ENVIRONNEMENTAUX AUXQUELS L'INDUSTRIE D'AVAL POURRAIT AVOIR À FAIRE FACE

Programme	Coût en capital	Dépenses de fonctionnement
Désulfuration du carburant diesel	970 000 000 $	115 000 000 $
Élimination du benzène et des aromatiques de l'essence	700 000 000 $	?
Récupération des vapeurs de phase I	100 000 000 $	?
Récupération des vapeurs de phase II	150 000 000 $	45 000 000 $
Remplacement des réservoirs de stockage souterrains	?	?
Réduction de la TVR à 9 lb/pc pendant l'été	?	65 000 000 $
Élimination du MMT de l'essence	?	75 000 000 $
Capacité d'intervention en cas de déversements en milieu marin	20 000 000 $	20 000 000 $

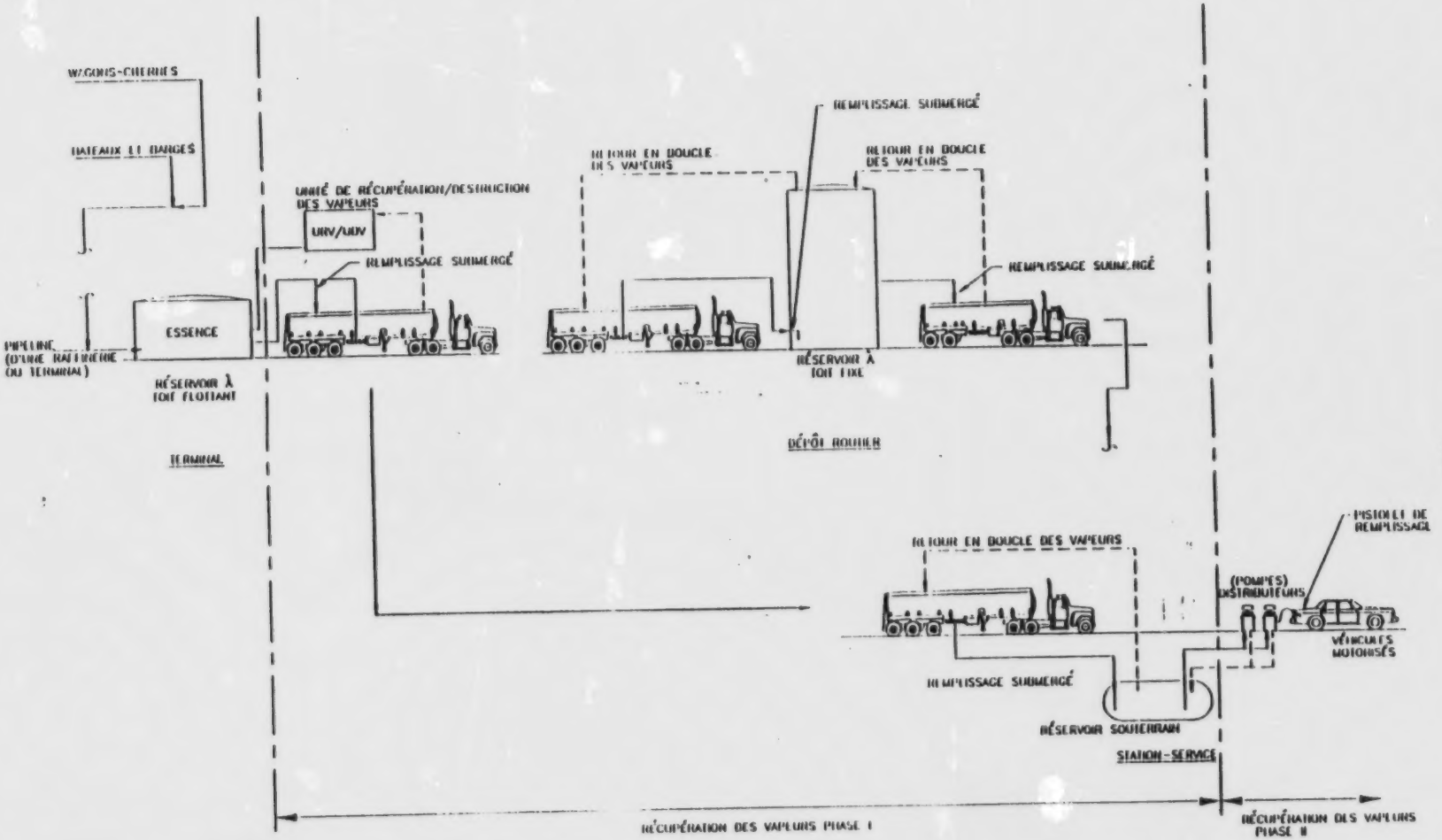
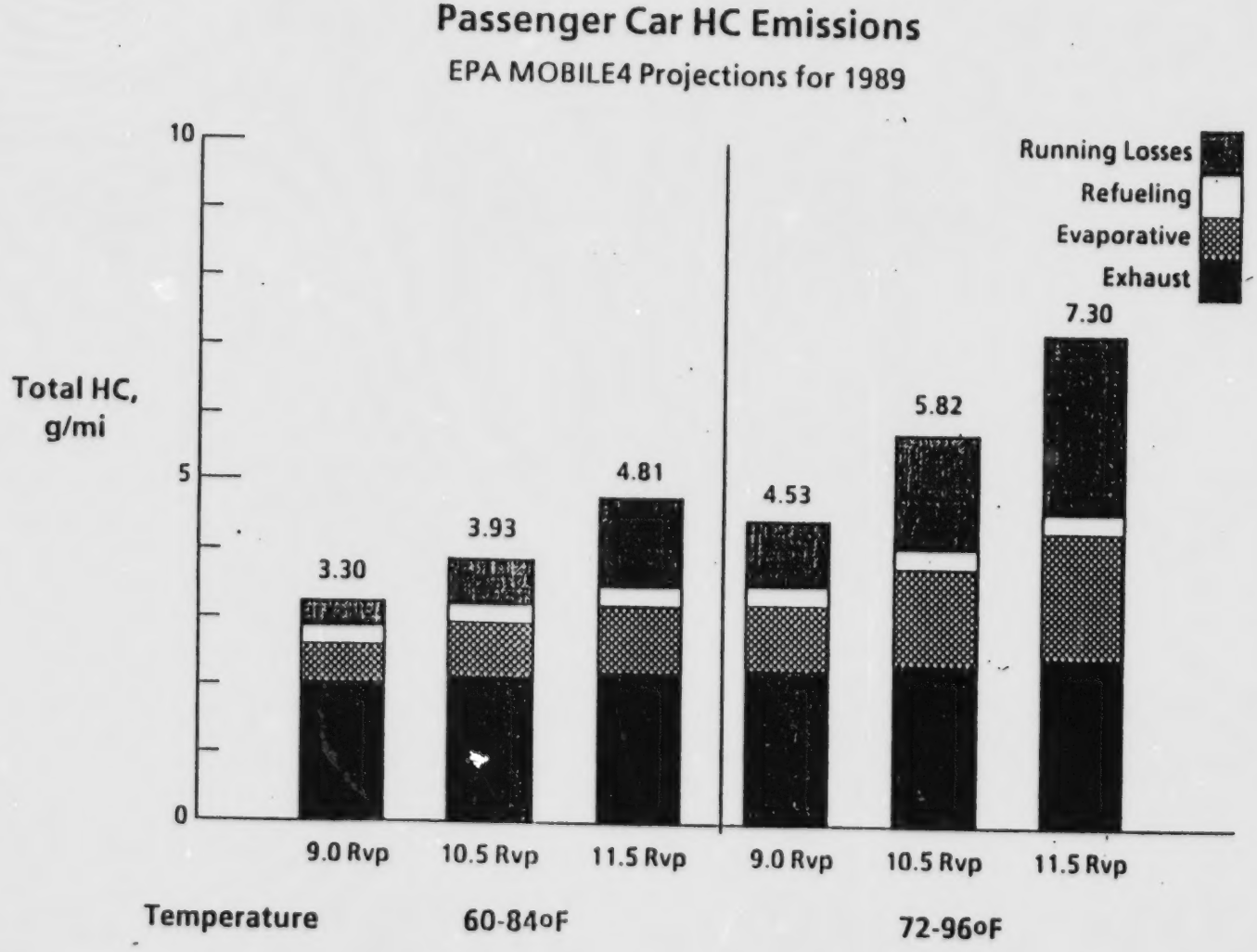


FIGURE 1

RÉSEAU DE DISTRIBUTION D'ESSENCE MUNI DE SYSTÈMES DE RÉCUPÉRATION DES VAPEURS (SRV)

FIGURE 2


Passenger Car HC Emissions
EPA MOBILE4 Projections for 1989
Total HC, g/mi
10
5
0
Running Losses
Refueling
Evaporative
Exhaust
3.30
3.93
4.81
4.53
5.82
7.30
9.0 Rvp
10.5 Rvp
11.5 Rvp
9.0 Rvp
10.5 Rvp
11.5 Rvp
Temperature
60-84oF
72-96oF

Stratégies de contrôle pour les sources mobiles au Canada pour les années '90

Présenté au

Colloque sur les précipitations acides

et sur la pollution par ozone

le 5 novembre 1991

par

François Lavallée
Division des systèmes de transports
Conservation et Protection
Environnement Canada

Éléments importants

- **Règlements** - véhicules légers 1987
  - véhicules lourds 1988

- Plan Transport Canada & Environnement Canada

- Plan de gestion NOx/COV

- Loi canadienne sur la protection de l'environnement

- "Clean Air Act Ammendments" (États-unis)

- Accord sur la qualité de l'air

Règlements 1987 & 1988

- **Réduction importante des polluants des véhicules routiers jusqu'à l'an 2000**

- **Standardisation des véhicules routiers en Amérique du Nord... et à l'échelle mondiale**

  - **réduction du nombre de modèles**

  - **technologie catalyseurs à 3 voies**

Plan Transport Canada & Environnement Canada

- **Plan d'ensemble**
  - **toutes les sources mobiles**
  - **tous les polluants**
  - **comprend les carburants**

- **Principe de base - regrouper les normes les plus sévères adoptées ou proposées**

Plan de gestion NOx/COV

- Renforce le plan Transport/Environnement pour les sources mobiles.
  - Réduction de NOx/COV sont nécessaires
  - Éléments communs -sources hors-route
    -volatilité de l'essence

- Ajoute d'autres éléments
  -Programmes d'inspection & entretient
  -Planification du système de transport
  -pertes de vapeur d'essence lors de la distribution

Loi canadienne sur la protection de l'environnement

- Évaluation du benzène, toluène, xylène, MTBE et HAP

  - véhicules à essence - plus grande source

  - règlements - composition de l'essence ou
    - à la source (véhicules)

- Limite de la teneur en soufre du carburant diesel

- Sources mobiles hors route

"Clean Air Act" (États unis)

- Normes plus sévères pour véhicules routiers
- Mandat à l'EPA pour sources mobiles hors route
- "Clean Fleet" & "Clean Fuels"
- Étude Auto-Oil reformulation de l'essence

Accord sur la qualité de l'air

- **Le Canada s'engage d'adopter des normes au moins aussi sévères que les suivantes pour les oxydes d'azote:**

  0.4 g/mi. en 1996 pour véhicules légers

  0.4 à 1,1 g/mi. en 1997 pour camions légers

  4.0 g/ch.-vp.-hr. en 1998 pour camions lourds

Niveaux qui correspondent aux exigences du CAA Américain.

Aperçu pour l'avenir rapproché (autos & camions légers)

Évolution

- -catalyseurs à 3 voies
- -injection à commande électronique
- -récupération de vapeur par charbon activé

Révolution

- -système de diagnostique
- -complexité des ordinateurs
- -système de récupération des vapeurs
  - -conventionnel
  - -pendant le plein d'essence?

Aperçus à long terme.

Véhicules à essence - réduction des émissions lors du démarrage et réchauffement

- **Catalyseurs préchauffés**
- **Mélange stratifié**
- **Aides à la vaporisation**
- **Absorption/désorption des émissions**

Véhicules à carburant alternatifs

- **Gaz naturel comprimé**
- **Gaz propane**
- **Méthanol & méthanol dissocié**

Véhicules électriques

Carburant Conventionnels

- Changement oui - mais lesquels?
  - teneur en soufre de l'essence
  - aromates
  - oléfines
  - volatilité
  - courbe de distillation
  - additifs nettoyants

- La liste est la même que dans le plan Transport/Environnement

- Cependant il y a plus de données techniques au sujet des effets sur les émissions

Participation d'Hydro-Québec au programme de gestion du Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME) des émissions d'oxydes d'azote.

Louis Varfalvy, D.Sc., Chim.p., Montréal, Canada, 19 octobre 1991

Résumé :

Bien que la presque totalité de la production d'électricité soit assurée par des centrales hydroélectriques, Hydro-Québec exploite plusieurs centrales thermiques, soit une vingtaine de petites centrales diésel, la nouvelle centrale diésel des Iles-de-la-Madeleine d'une puissance de 60 MWe, deux centrales à turbines à gaz totalisant 440 MWe (La Citière et Cadillac), ainsi que la centrale thermique de Tracy (600 MWe). De plus, afin de répondre à la demande accrue d'électricité de pointe, Hydro-Québec, entreprend présentement la construction d'une nouvelle centrale à turbines à gaz de 350 MWe, la centrale de Bécancour, qui sera installée sur le site de la centrale nucléaire de Gentilly 2.

L'une des principales préoccupations environnementales associées à l'exploitation de centrales thermiques utilisant des combustibles fossiles, est l'émission atmosphérique d'anhydride sulfureux (SO_2), d'oxydes d'azote (NOx) et de particules contenant des traces d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Tenant compte des préoccupations grandissantes des populations en matière de protection de l'environnement, ainsi que des politiques gouvernementales sur la réduction des polluants précurseurs des dépôts acides et de ceux responsables de la formation de l'ozone (O_3) troposphérique, communément appelé *l'ozone au sol*, Hydro-Québec intègre maintenant systématiquent dans son plan d'équipement thermique les objectifs visant à réduire à un minimum les émissions atmosphériques des contaminants mentionnés ci-devant.

Cette présentation décrira succinctement, les principales réalisations d'Hydro-Québec au cours de la dernière décennie en matière de protection de la qualité de l'atmosphère, ainsi que les activités en cours présentement à ce chapitre, notamment celles qui visent les objectifs du CCME en matière de réduction significative à la source des émissions d'oxydes d'azote (initiatives N-305 et N-307 du Plan de gestion des NOx/COV).

Biographie de l'auteur :

Dr. Louis Varfalvy est diplômé de l'Université de Montréal, où il a obtenu successivement un baccalauréat (B.Sc.) en chimie spécialisée en 1969, une maîtrise (M.Sc.) en chimie organique de synthèse, ainsi qu'un doctorat (D.Sc.H - Environnement) sur la chimie de l'atmosphère en 1977. Ce dernier diplôme était alors décerné par le Département d'Hygiène des milieux de l'ancienne Ecole de Santé publique, affiliée à la Faculté de Médecine de l'Université de Montréal. Dr. Varfalvy occupe présentement le poste de Chargé de programme, Recherche scientifique - Substances toxiques, à la vice-présidence Environnement d'Hydro-Québec, où il travaille depuis 1975.

Le programme de recherche dont il est est responsable, vise principalement à acquérir les connaissances scientifiques et à développer les outils requis pour évaluer les impacts sur la qualité de l'environnement et pour estimer les risques à la santé des populations attribuables à l'émission de substances toxiques dans l'environnement, en vue de leur prise en compte adéquate dans les activités de planification, de conception, de construction et d'exploitation des divers équipements de production et de transport d'énergie électrique d'Hydro-Québec.

Participation d'Hydro-Québec au programme de gestion du Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME) des émissions d'oxydes d'azote.

Louis Varfalvy, D.Sc., Chim.p., Montréal, Canada, 16 octobre 1991

Bien que plus de 98 % de la production d'électricité soit assurée par des centrales hydroélectriques, Hydro-Québec exploite plusieurs centrales thermiques, sans compter la centrale nucléaire de Gentilly 2. Les équipements thermiques d'Hydro-Québec comprennent une vingtaine de petites centrales diésel, la nouvelle centrale diésel des Iles-de-la-Madeleine d'une puissance de 60 MWe, deux centrales à turbines à gaz (TAG) à cycle simple, type aviation (La Citière et Cadillac), d'une puissance totale de 440 MWe, ainsi que la centrale thermique conventionelle de Tracy, utilisant de l'huile lourde comme combustible, dont les quatre groupes totalisent 600 MWe. De plus, afin de répondre à la demande accrue d'électricité de pointe, Hydro-Québec, entreprend présentement la construction d'une nouvelle centrale à turbines à gaz de 350 MWe, la centrale de Bécancour (HQ, 1991), qui sera installée sur le site de la centrale nucléaire de Gentilly 2. Cette centrale TAG à cycle simple, type industriel, utilisera de l'huile légère comme combustible et servira également pour alimenter les services auxiliaires de la centrale nucléaire en cas de panne de réseau.

L'une des principales préoccupations environnementales associées à l'exploitation de centrales thermiques utilisant des combustibles fossiles, est l'émission significative de polluants atmosphériques. Pour les équipements thermiques énumérées ci-devant, il s'agit surtout d'anhydride sulfureux (SO_2), d'oxydes d'azote ($NOx = NO + NO_2$) et de particules d'oxydes de métaux et de carbone contenant des traces d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Etant donné la faible hydraulicité que nous connaisons au Québec depuis les sept dernières années, ansi que la demande accrue d'électricité de pointe, Hydro-

Québec a dû produire plus d'électricité thermique d'origine fossile, au cours les dernières annés que par le passé. Si la faible hydraulicité persistait encore pendant quelques années, il n'est pas invraisemblable que ce phénomène persiste, voire même augmente en importance.

Tenant compte ce cette situation, ainsi que des politiques gouvernementales en matière de réduction de la pollution atmosphérique, notamment en ce qui concerne les polluants précurseurs des dépôts acides (SO_2 et NOx) et ceux responsables de la formation de l'ozone troposphérique (O_3) sous l'action du rayonnement solaire (NOx et COV), Hydro-Québec intègre maintenant systématiquent dans son plan d'équipement thermique les préoccupations environnementales qui visent à réduire à un minimum les émissions atmosphériques des contaminants mentionnés ci-devant.

Parmi les activités concrètes réalisées à ce chapitre par Hydro-Québec au cours des dix dernières années, on peut mentionner les suivantes : 1) une meilleure connaissance des sources de pollution suite à la caractérisation précise des émissions atmosphériques (échantillonnages en cheminée) et la mesure des niveaux ambiants de pollution atmosphérique dans la zone d'impact principale des sources concernées (réseaux de surveillance de qualité d'air ambiant); 2) les mesures d'atténuation sur les anciens équipements thermiques visant une meilleure dispersion atmosphérique des polluants (centrale Tracy et ancienne centrale diésel des Iles-de-la-Madeleine) et leur réduction à la source en améliorant la qualité de la combustion et celle du combustible utilisé (centrale Tracy); 3) une localisation adéquate des nouveaux équipements thermiques (centrale TAG La Citière, nouvelle centrale diésel des Iles-de-la- Madeleine et sites potentiels pour futures centrales TAG en pointe ou en base); 4) une meilleure connaissance de l'évolution chimique (Barringer, 1981, Varfalvy, 1984) des panaches de pollution (transformation du NO en NO_2 dans le panache de la centrale TAG La Citière); et 5) finalement une meilleure évaluation de la dispersion atmosphérique des polluants atmosphériques (Radian, 1982), conduisant au choix optimal d'une variante (développement et validation de modèles de dispersion).

A l'automne de 1988, le Conseil canadien des Ministres de l'Environnement (CCME) a confié au Comité directeur fédéral - provincial du TADPA (transport à distance des polluants atmosphériques) de dresser avant la fin de 1990 un plan détaillé de réduction des oxydes d'azote (NOx) et des composés organiques volatiles (COV) afin de satisfaire aux exigences de la protection de l'environnement au pays et de s'assurer que le Canada s'acquite de ses obligations internationales. Le Plan devait en particulier se baser sur les problèmes actuels de qualité de l'air reliés aux NOx et plus particulièrement sur le respect souhaité pour l'an 2005, partout au Canada, de la norme horaire de 0,08 ppm d'ozone trpopsphérique (O_3), communément appelé "l'ozone au sol". Deux versions du plan de gestion des NOx/COV ont été successivement déposées en 1990, et divers groupes de travail, réunissant les parties intéressés tant au niveau gouvernemental que privé, étudient présentement les propositions qui y figurent (LRTAP, 1990). Selon les donnés actuelles des membres de l'Association canadienne de l'Electricité (ACE), le coût des mesures proposés par le Plan pourrait être substantiel (miliards) pour l'ensemble des régions où les normes d'ozone ambiant sont présentement dépassées (CEA, 1991).

On doit préciser ici, que, contrairement à l'ozone stratosphérique, indispensable à la vie sur terre, la présence d'ozone dans la basse couche de l'atmosphère, communément appelée la troposphère, à des niveaux supérieurs au bruit de fond (20 à 30 ppb) est hautement indésirable (Lee, 1989; Tilton, 1989; SCAQ, 1989) étant donné les impacts néfastes qui peuvent en découler sur l'environnement naturel (réduction de la croissance de la végétation, oxydation accélélée des matériaux, etc.) et la santé des populations (incidence accrue des maladies respiratoires). L'ozone troposphérique accélère également la transformation chimique des précurseurs de dépôts acides, SO_2 et NOx, en acides sulfurique et nitrique, en sulfates et en nitrates, participant de la sorte de façon très active à ce phénomène (ICAAS, 1983; ACS, 1987; Graedel 1989; Penkett, 1989; ACE, 1990),. Finalement, l'ozone participe également à l'effet de serre étant son potentiel élevée d'absorption du rayonnement I.R (Wuebbles, 1989). En somme, l'ozone, peu importe où il se trouve, participe très activement à la chimie et la physique de

l'atmosphère. L'ozone de la troposphère se forme principalement, par des mécanismes photochimiques et chimiques complexes, à partir des oxydes d'azote (NOx) issus principalement de la combustion fossile, et les composés organiques volatiles (COV) originant de diverses sources industrielles et naturelles.

Hydro-Québec suit avec attention l'évolution du Plan de gestion des NOx/COV, étant donné sa production accrue, au cours des dernières années, d'énergie électrique à partir de la combustion fossile et tenant compte de la possibilité mentionée précédemment que cette situation persiste encore pendant quelque temps, advenant la prolongation du cycle de faible hydraulicité. Dans une perspective d'attitude "pro-active", Hydro-Québec tient déjà compte, dans la mesure du possible, des dernières recommandations (4 octobre1990) du Comité fédéral-provincial du TADPA, non encore entérinées par le CCME, en ce qui concerne le contrôle des oxydes d'azote sur les centrales thermiques conventionelles (initiative N-305) et les centrales à turbines à gaz (initiative N-307).

De façon concrète, les activités d'Hydro-Québec réalisées à ce chapitre au cours des deux dernières années, comprennent : 1) la décision d'utiliser l'injection d'eau dans les turbines de la future centrale à turbines à gaz de Bécancour (400 MWe), mesure qui se traduira par une réduction par un facteur de 6 environ des émissions de NOx des turbines proposées, et 2) la décision d'inclure dans les études de la durée de vie optimale de la centrale thermique de Tracy (600 MWe), une étude technico-économique sur la faisabilité de la transformation complète ou partielle de la centrale de sorte à permettre l'utilisation du gaz naturel (HQ, 1991b).

En ce qui concerne la future centrale TAG de Bécancour, plusieurs variantes ont fait l'objet de l'étude d'avant-projet. Les mesures envisagées de contrôle à la source des oxydes d'azote comprenaient : le choix des turbines (4 variantes), le choix du combustible (huile ou gaz), et l'injection d'eau dans les turbines à un taux similaire à celui du combustible afin de réduire significativement les NOx sans perte significative de l'efficacité de la combustion. Les résultats de la simulation numérique ont clairement démontré que certaines des variantes étudiées ne

rencontraient pas les normes québécoises d'air ambiant, tenant compte des niveaux ambiants relativement élevés de SO_2 et de NO_2 originant du parc industriel de Bécancour. Toutefois, la variante retenue par Hydro-Québec (4 turbines GE de 100 MWe, avec injection d'eau), permet non seulement le respect des normes d'air ambiant en tout temps, mais également à ne pas dépasser le niveau négligeable à faible (i.e. les niveaux actuels) pour les impacts potentiels sur la santé des populations, attribuables aux niveaux cumulatifs de bioxyde d'azote et d'anhydride sulfureux estimés pour la zone d'étude.

Les études en cours sur la faisabilité de la transformation partielle ou totale de la centrale Tracy au gaz naturel (HQ, 1991b) comprennent : l'examen attentif de plusieurs variantes, incluant l'optimisation des brûleurs actuels à faible excès d'air; l'installation de nouveaux brûleurs; l'utilisation d'huile lourde à plus faible teneur en azote organique et en asphaltènes, etc. Plusieurs technologies de contrôle des NOx font l'objet d'un examen attentif à la lumière de leurs performances réelles mesurées sur des installations opérationnelles, ainsi qu'en tenant compte de la faisabilité technique de leur adaptation aux équipements actuels de la centrale Tracy. Etant donné la difficulté inhérente à la dynamique de la combustion de contôler simultanément les NOx et l'efficacité de la combustion (i.e. l'émission de particules), le choix final de la technologie de contrôle des NOx qui sera retenue par Hydro-Québec sera surtout le résultat d'un compromis technico-économique.

En guise de conclusion, on doit souligner que les objectifs d'Hydro-Québec en matière de protection de la qualité de l'atmosphère, tiennent déjà compte des objectif du CCME en matère de réduction à la source des émissions d'oxydes d'azote, même si les lignes directrices finales du CCME n'ont pas encore été pronulguées. L'injection d'eau dans les turbines à gaz de la future centrale TAG de Bécancour, de même que la possibilité envisagée d'utiliser le gaz naturel comme combustible partiel ou total pour centrale thermique de Tracy, se traduiront sans doute par des diminutions substantielles des rejets atmosphériques de NOx par ces équipements au cours des annés à venir.

REFERENCES :

ACE, 1990. " Association canadienne de l'électricité - Rôle des nuages et des précipitations dans le transport, sur de grandes distances, des polluants atmosphériques et formation des pluies acides au Canada ", Projet No. 403G348, phase II, juin 1990.

ACS, 1987. "ACS symposium Series. The Chemistry of Acid Rain - Sources and Atmospheric Processess ". American Chemical Society, 1987.

Barringer, 1981, " NO to NO_2 Conversion and Plume Dispersion Study. La Citière Gas Turbine Generating Station : Technical report prepared for Hydro-Québec Environmental Directorate ", Barringer Research Limited, Rexdale, Ontario, July 1981.

CEA, 1991. " Canadian Electrical Association. Issues and Opportunities. Position System. Briefing File. Confidential ", July 11, 1991.

Graedel, T., Crutzen, P., 1989. " L'évolution de l'atmosphère ". Pour la Science. Edition spéciale. Gérer la planète., pp. 36-44, No. 145, novembre 1989.

Hydro-Québec, 1991. " Centrale de Bécancour. Rapport d'avant-projet. Etude d'impact sur l'environnement ", 3 volumes, janvier 1991.

Hydro-Québec, 1991.b. " Centrale thermique Tracy. Etude de faisabilité relative à l'utilisation du gaz naturel comme source alternative de combustible." Vice-présidence Equipements de Production. Direction Réfections et modifications de centrales. Juillet 1991.

ICAAS, 1983. " Interdisciplinary Center for Aeronomy and (other) Atmospheric Sciences. Acid Deposition Causes and Effects - A State Assessment Model ". University of Florida, Gainesville. Proceedings of a Workshop, March 23-24, 1983.

Lee, Si Duk, 1985. " Evaluation of Scientific Basis for Ozone/Oxidants Standards ", An APCA Specialtiy Conference. November 1984. Huston, Texas. Air Pollution Control Association, Pittsburg., PA.

LRTAP, 1990. " Federal / Provincial Long Range Transport of Air Pollutants Steering Commitee. Manadement Plan for Nitrogen Oxides (NOx) and Volatile Organic Compounds (VOCs) ", First Edition. Final Draft, October 4, 1990.

Penkett, S.A., 1989. " International Conference on Generation of Oxydants on Regional and Global Scales ". Norwich, U.K., 3-7 July 1989, Special Issue of Atmospheric Environment. Vol. 25A. No.9. Pergamon Press, 1991.

Radian, 1992. " Analysis of RPM-II Reactive Plume Model, Sudy No.4;
Review of Techniques for Predicting Short-Term NO_2 impacts, Sudy No.5;
Evaluation of Plume Rise Models Applicable for Gas Turbines, Study No.6;
Chemistry of Gas Turbine Plumes, Study No. 7 ;
Adaptation of Models for Use by Hydro-Québec : section of Models for Adaptation, Study No.8;
Users Manual for the Gaussian Evaluation Model (GEM/GEMGAR);
Users Manual for the Multiple Atmospheric General Impact Calculation Model (MAGIC). Prepared by Radian Staff for Hydro-Québec. December 1982. Radian Corporation, Austin, Texas.

SCAQ, 1989. " South Coast Air Quality Management District, California. Where Does it Hurt ? Answers to Questions about Smog and Health ". Prepared in consultation with the School of Medicine of University of California, LosAngeles, and the Environmental Health Service of University of Southern California. El Monte. March 1989.

Tilton, B.E., 1989. " Health Effects of Tropospheric Ozone". Env. Sci. & Technol.. Vol. 23, No.3, pp. 257-263, 1989.

Varfalvy, L., 1984. " NO to NO_2 Conversion abd Plume Dispersion Study. La Citière Gas Turbine Power Station (280 MWe) ". Conférence présentée au " First World Conference on Remote Sensing. Part I : Symposium on Resource Management and Environmental Panning. 8-10 Obtober 1984, Bayreuth, West Germany. Part II : Workshop on Acid Deposition. 11 October 1984, Mitwitz Castle, West Germany. Technical Papers pp. 238-275.

Wuebbles, D.J., 1989. " Beyond CO_2 - The other Greehouse Gases ". Lawrence Livermoore National Laboratory, California. Article (89-119.4) présenté au 82e Congrès annuel de Air and Waste Management Association, Anaheim. Californie. 25-30 juin 1989.

Louis Varfalvy, D.Sc., Chim.p.
Chargé de programme - Recherche scientifique - Substances toxiques
Service Santé environnementale. Direction Recherche et Encadrements
Vice-présidence Environnement.

(tel : 514 - 985 7266)

16.10.1991

STRATÉGIE POUR LA RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE SUBSTANCES ORGANIQUES VOLATILES

COLLOQUE SUR LES PRÉCIPITATIONS ACIDES ET L'OZONE TROPOSPHÉRIQUE
TENU LES 4 ET 5 NOVEMBRE 1991 A L'HOTEL REINE-ELIZABETH

PAR: YVES BOURASSA, ING.

SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT

COMMUNAUTÉ URBAINE DE MONTRÉAL

COMMUNAUTÉ URBAINE DE MONTRÉAL

Service de l'environnement

STRATÉGIES POUR LA RÉDUCTION DES SUBSTANCES ORGANIQUES SUR L'ILE DE MONTRÉAL

I- Historique:

L'air est l'élément le plus essentiel à la vie humaine et animale en général. Nous devons considérer que, comme humains, nous aspirons de l'air en moyenne 22 000 fois par jour pour un total de 15 kg qui sont filtrés par l'appareil respiratoire. Nous devons également reconnaître que l'air est le milieu se prêtant le moins bien à un conditionnement idéal tandis que l'eau pure peut être achetée et les aliments sélectionnés. Il est établi qu'un homme peut survivre à six semaines de jeûne, à trois jours sans eau, alors qu'il périra d'asphixie en quelques minutes sans air.

Il n'est donc pas étonnant qu'historiquement les problèmes de pollution de l'air aient été les premiers à préoccuper les sociétés industrialisées. L'apparition des villes densément peuplées a entraîné une dégradation marquée de la qualité de l'air dans ces milieux. Ainsi, les premières réglementations antipollution de l'air ont été adoptées par des villes comme Londres et plusieurs autres d'Europe et des Etats-Unis. Les particules, la suie et le dioxide de soufre qui résultent d'une combustion plus ou moins efficace du charbon, en particulier, sont en général responsables de cette pollution.

TABLEAU 1

ÉVOLUTION DE LA RÉGLEMENTATION ANTIPOLLUTION DE L'AIR A MONTRÉAL

12 mars 1872	Règlement 56 (Ville de Montréal)
13 février 1882	Règlement 130 "
4 février 1901	Règlement 206 "
3 février 1931	Règlement 1112 "
9 mars 1950	Règlement 1953 "
22 avril 1966	Règlement 3300 "
4 mars 1970	Rèlgement 4007 "
30 mars 1970	Règlement 9 (CUM)
12 novembre 1970	Rèlgement 20 "
7 février 1979	Rèlgement 44 "
25 août 1987	Règlement 90 "

Il y a plus d'un siècle, le 12 mars 1872, la Ville de Montréal a adopté la première réglementation au Canada pour lutter contre la pollution de l'air. Le règlement 56 a alors été adopté pour réduire les inconvénients reliés à l'exploitation d'engins à vapeur, de chaudières et d'usines. En 1882, un nouveau règlement était adopté et cinq autres devaient suivre jusqu'en 1970 tel que le montre le tableau 1. Trois règlements antipollution de l'air ont été mis en application par la Ville de Montréal avant que son geste ne soit imité par une autre ville canadienne, soit Toronto, en 1907.

A la formation de la Communauté urbaine de Montréal en 1970, le règlement 9 a été adopté. Celui-ci devait être remplacé par le règlement 44 en février 1979 qui, à son tour, a fait place au règlement 90 en août 1987. Ce dernier règlement est encore en vigueur aujourd'hui. Les changements successifs ont eu pour effet de contrôler de façon plus sévère les sources importantes de pollution industrielle.

II- Contrôle des émissions de substances organiques à l'atmosphère:

En amérique, c'est à la Californie que l'on doit les premières préoccupations face aux émissions de substances organiques à l'atmosphère et particulièrement à la région de la baie de San Francisco. La situation géographique de cette région encastrée dans une chaîne de montagne, sa grande industrialisation ainsi que le nombre de véhicules automobiles qu'il compte ont entraîné de longues périodes d'exposition au "smog" photochimique. Cet état a agit dans à peu près tous les domaines responsables des émissions de SOV, incluant les automobiles et les activités de distribution de gasoline.

Sur le territoire de l'île de Montréal, le contrôle des émissions de SOV a vraiment débuté en 1979. A l'avant-garde au Canada, le règlement 44 s'est spécialement adressé à l'industrie du nettoyage à sec, du raffinage de pétrole, du stockage des produits pétroliers, de la flexographie, du traitement des tissus et de la fabrication du ruban adhésif. On a exigé une réduction de 97 % du perchloroéthylène utilisé par l'industrie du nettoyage à sec. Les émissions de vapeurs de produits pétroliers volatils qui constituaient après l'automobile la source la plus importante sur l'île ont été réduites de près de 90 %. Les systèmes de torches des raffineries ont dû être munis de systèmes de récupération des gaz.

En 1988, le règlement 90 remplace le règlement 44 et renforce les dispositions déjà prises à cet égard. On exige une réduction de 90 % des émissions de SOV pour différents secteurs industriels. Les articles de ce règlement qui limitent les émissions atmosphériques de SOV sont les suivants:

3.01: Concentration maximale permise au sol pour près de 460 polluants, dont plusieurs substances organiques, résultant des émissions d'une cheminée.

3.02: Même chose qu'en 3.01, mais pour plusieurs cheminées

3.03: Normes maximales de concentration dans l'air ambiant pour près de 460 polluants dont plusieurs substances organiques.

3.04: Limite d'émission concernant les matières odorantes.

3.06: Réduction des émissions de SOV des véhicules automobiles à l'arrêt.

6.01 a) nettoyage à sec: les SOV doivent être réduites de 97 %

b) application au pistolet et séchage de peinture, vernis, encres ou résines:

réduction de 90 % exigée ou 5 kg/h par usine au maximum.

c) traitement dans un four d'une matière plastique ou autre:

réduction de 90 % exigée ou 5 kg/h par usine au maximum.

d) dégainage de fils électriques:

réduction de 90 % exigée ou 5 kg/h par usine au maximum.

e) fabrication et recyclage de sabots de frein et de barils:

réduction de 90 % exigée ou 5 kg/h par usine au maximum.

f) dégraissage de pièces métalliques:

réduction de 90 % exigée ou 5 kg/h par usine au maximum.

g) recyclage des fils métalliques et moteurs électriques:

réduction de 90 % exigée ou 5 kg/h par usine au maximum.

h) séchage au four ou traitement thermique des tissus:

réduction de 90 % exigée ou 5 kg/h par usine au maximum.

i) torréfaction, trempe, refroidissement du café ou du cacao:

émission maximale de 500 g/t

j) transformation des matières animales dans une usine d'équarrissage:

réduction exigée de 99 %

k) réception, lavage et entreposage des peaux de tanneries:

réduction exigée de 99 %

l) opérations d'une usine de saturation du papier d'asphalte:

réduction exigée de 90 %

m) oxydation de l'asphalte:

réduction exigée de 90 %

6.02
6.03 réduction des émissions de SOV des réservoirs de produits pétroliers
6.04

6.08: Activités nouvelles prohibées sur le territoire.

6.11: réduction des rejets gazeux aux torches.

7.10: réduction de la concentration de substances odorantes hors des limites de la propriété.

Sans vouloir couvrir toutes les activités du territoire qui génèrent des émissions atmosphériques de SOV, j'aimerais dans cette présentation discuter des secteurs d'activités suivants:

- le raffinage du pétrole
- l'industrie pétrochimique
- l'imprimerie sur papier
- l'imprimerie sur film
- le séchage au four de résines
- la finition de surfaces métalliques
- la torréfaction du café
- le textile
- autres dont l'enfouissement sanitaire et la saturation du papier d'asphalte.

III- Investissements consentis par l'industrie de 1980 à 1990:

Les tableaux qui suivent montrent les moyens qui ont été pris par l'industrie pour réduire les émissions atmosphériques et les coûts qui en ont résulté entre 1980 et 1990. Il faut cependant noter que les chiffres fournis sont conservateurs car il est difficile de comptabiliser les modifications technologiques.

TABLEAU 2

RAFFINAGE ET PÉTROCHIMIE

INVESTISSEMENTS CONSENTIS EN ASSAINISSEMENT DE L'AIR DE 1980 A 1990

I-	Réservoirs de produits pétroliers volatils:	
	Toits flottants:	18 130 000,00$*
	Système de récupération:	2 550 000,00$
II-	Torches:	
	Installation et modifications:	30 250 000,00$
	Systèmes de récupération des gaz:	4 400 000,00$
III-	Oxydation du bitume:	
	Incinérateurs thermiques:	530 000,00$
	Lavage des gaz:	125 000,00$
IV-	Dégazage d'eau de contact direct de procédé:	
	Incinérateur (avec récupération d'énergie):	378 000,00$
V-	Effluent gazeux de procédé:	
	Tours d'absorption:	1 075 000,00$

* On estime qu'entre 1970 et 1980, quelque 15 000 000,00$ ont été investis à ce chapitre par l'industrie

TABLEAU 3

IMPRIMERIE SUR PAPIER ET SUR FILM PLASTIQUE

INVESTISSEMENTS CONSENTIS EN ASSAINISSEMENT DE L'AIR DE 1980 A 1990

Incinérateurs thermiques:	722 000,00$
Incinérateurs catalytiques:	400 000,00$
Incinérateurs avec récupération d'énergie:	1 150 000,00$
Changement aux procédés:	915 000,00$
Electrofiltres:	762 000,00$
Biofiltre (ingénierie et appareils pilotes):	2 000 000,00$

Remarque: Les coûts de changement pour utiliser les encres à base d'eau n'ont pas été évalués.

TABLEAU 4

SÉCHAGE AU FOUR DE RÉSINES ET AUTRES

INVESTISSEMENTS CONSENTIS EN ASSAINISSEMENT DE L'AIR DE 1980 A 1990

I-	Séchage et évaporation de solvants (adhésifs surtout):	
	Incinérateur thermique:	120 000,00$
	Charbon actif avec régénération:	1 170 000,00$
	Electrofiltre:	280 000,00$
II-	Emaillage de fils:	
	Incinérateurs catalytiques:	72 000,00$
III-	Cuisson au four de matériaux de friction:	
	Incinérateurs thermiques:	115 000,00$
	Incinérateur avec échange de chaleur:	60 000,00$
IV-	Emaillage de canettes métalliques:	
	Incinérateurs thermiques:	220 000,00$
	Incinérateurs catalytiques:	825 000,00$
	Electrofiltres:	330 000,00$
	Incinération (régénérative):	660 000,00$

TABLEAU 5

FINITION DE SURFACES MÉTALLIQUES

INVESTISSEMENTS CONSENTIS EN ASSAINISSEMENT DE L'AIR DE 1980 A 1990

I- Changement pour des systèmes d'application de peintures en poudre électrostatique:

532 000,00$

Remarque: Les coûts d'installation des nouvelles lignes de peinture en poudre ajoutées ou des nouveaux utilisateurs n'ont pas été évalués.

TABLEAU 6

TORRÉFACTION DU CAFÉ

INVESTISSEMENTS CONSENTIS EN ASSAINISSEMENT DE L'AIR DE 1980 A 1990

Incinérateurs thermiques:	200 000,00$
Incinérateurs catalytiques:	780 000,00$
Charbon actif sans régénération:	50 000,00$

TABLEAU 7

FRITURE

INVESTISSEMENTS CONSENTIS EN ASSAINISSEMENT DE L'AIR DE 1980 A 1990

Condenseur:	30 000,00$
Incinérateur:	60 000,00$

TABLEAU 8

TEXTILE

INVESTISSEMENTS CONSENTIS EN ASSAINISSEMENT DE L'AIR DE 1980 A 1990

I-	Fours à tissus	
	Condenseurs:	50 000,00$
	Electrofiltres:	50 000,00$

TABLEAU 9

AUTRES CATEGORIES D'ACTIVITÉS

INVESTISSEMENTS CONSENTIS EN ASSAINISSEMENT DE L'AIR DE 1980 A 1990

I-	Nettoyage avec solvants:	
	Charbon actif avec régénération:	73 000,00$
	Condenseurs:	20 000,00$
II-	Incinération et séchage de boues:	
	Incinérateur (post-combustion):	561 000,00$
III-	Enfouissement sanitaire:	
	Récupération des gaz:	23 225 000,00$
IV-	Saturation d'asphalte:	
	Système de filtration:	120 000,00$
	Lit électrostatique:	1 400 000,00$
	Incinérateur (régénératif):	600 000,00$

IV- Les principaux équipements antipollution de l'air:

a) Les toits flottants et équivalents

Le stockage des produits pétroliers était responsable d'émissions très élevées de SOV à l'atmosphère. Selon la compagnie Sandborn, un fabricant de toits flottants, le stockage de produits ayant une tension de vapeur Reid de 11 psi à 55°F entraîne les émissions suivantes:

TABLEAU 10

RÉSERVOIRS DE PRODUITS PÉTROLIERS

ÉMISSIONS DE SOV EN FONCTION DU DIAMETRE ET DU NOMBRE DE REMPLISSAGE

Diamètre du réservoir en pieds		100	120	130	150	180
Nombre de remplissage par année	Capacité du réservoir (BBLS)	61 500	88 600	104 000	138 500	199 400
	Pertes par respiration (BBLS)	1180	1620	1860	2385	3270
	Pertes par remplissage (BBLS)					
15		1485	2155	2525	3395	4935
25		2475	3590	4210	5655	8230
40		3960	5740	6740	9050	13 165
	Pertes totales (BBLS)					
15		2665	3775	4325	5780	8205
25		3655	5210	6070	8040	11 500
40		5140	7360	8600	11 435	16 435

En 1975, raffineurs et dépôts pétroliers inclus, c'est quelque 240 réservoirs qui rejetaient près de 6070 BBLS/an chacun sur l'île de Montréal pour un total annuel frôlant les 200 000 tonnes métriques de vapeurs d'hydrocarbures.

Les toits flottants ont permis de réduire ces émissions de plus de 90 %. Tel que son nom l'indique, celui-ci flotte sur le liquide et empêche ainsi son contact avec l'air et par le fait même son évaporation. Pour les pétroles bruts, on utilise généralement un toit flottant constitué de panneaux d'acier alors que des sandwichs de polyuréthane entre deux panneaux d'aluminium sont utilisés pour les produits plus légers. Les coûts de ces appareils sont fonction du diamètre du réservoir et vont de l'ordre de 200 000,00$ pour un petit réservoir à plus de 400 000,00$ pour les plus gros. On parle en moyenne d'un coût de 300 000,00$ par réservoir.

Par ailleurs, plus récemment, on a débuté l'installation de systèmes de récupération des vapeurs. Ceux-ci, bien que plus dispendieux, ont généralement une durée de vie plus longue et une plus grande efficacité à réduire les SOV. On parle d'un coût minimum de 300 000,00$ pour ces derniers.

b) L'incinération:

L'incinération peut être thermique ou catalytique et elle peut être accompagnée d'un échange de chaleur. L'incinération thermique consiste à chauffer directement les gaz à incinérer jusqu'à une température variant de 1400 à 1600°F. L'incinération catalytique est une oxydation qui se produit, dépendant du catalyseur, du produit à incinérer et de l'état du catalyseur, à des températures variant de 700 à 900°F. En général, les catalyseurs utilisés sont à base de métaux précieux tels le platine, le palladium ou encore à base d'oxyde de métaux tels l'oxyde de manganèse. Un type particulier d'incinération thermique avec échange interne de chaleur est appelé "régénératif". Celui-ci est constitué en général de trois lits de céramique utilisés en alternance pour absorber et désorber la chaleur. On peut ainsi récupérer jusqu'à 95 % de la chaleur alors que la récupération conventionnelle de chaleur par échangeur intérieur se situe autour de 70 %. La disposition de cette chaleur n'est également pas un problème puisque celle-ci est utilisée pour l'incinérateur lui-même. Ce type d'équipement est particulièrement intéressant au chapitre des frais d'opération qui sont très élevés pour l'incinération conventionnelle et quelque peu moindre pour l'incinération catalytique.

Sur l'île de Montréal, toutes les combinaisons sont utilisées. En règle générale, l'incinérateur thermique simple coûte 10,00$/pi^3/min, l'incinérateur catalytique simple coûte 20,00$/pi^3/min et il faut presque doubler ces montants pour ajouter l'échange de chaleur. L'incinération de type régénératif coûte de 60,00$ à 80,00$ par pi^3/min. Il va de soi que les coûts d'opération (combustible) de ce dernier incinérateur sont à peu près nuls.

L'incinération est utilisée par plusieurs types d'industrie:

a) torréfaction du café
b) oxydation de l'asphalte
c) imprimerie sur papier
d) fabrication des sabots de frein
e) saturation du papier d'asphalte
f) friture
g) émaillage de fils
h) émaillage de canettes métalliques
i) évaporation de solvants (dégraissage)

Les graphiques qui suivent (figures 1, 2, 3) montrent les investissements requis en fonction du volume de gaz à traiter pour les différents types d'incinérateurs.

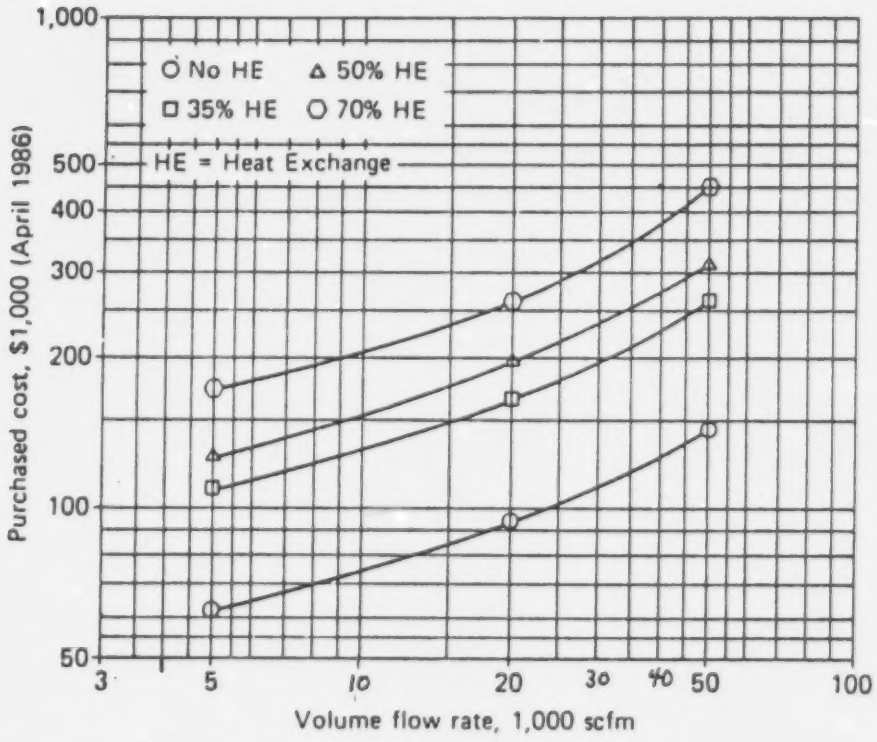


Figure 1. Thermal incinerator equipment cost estimates.[1-3]

SOURCE: JAPCA, FEVRIER 1987, VOLUME 37, N^{O} 2

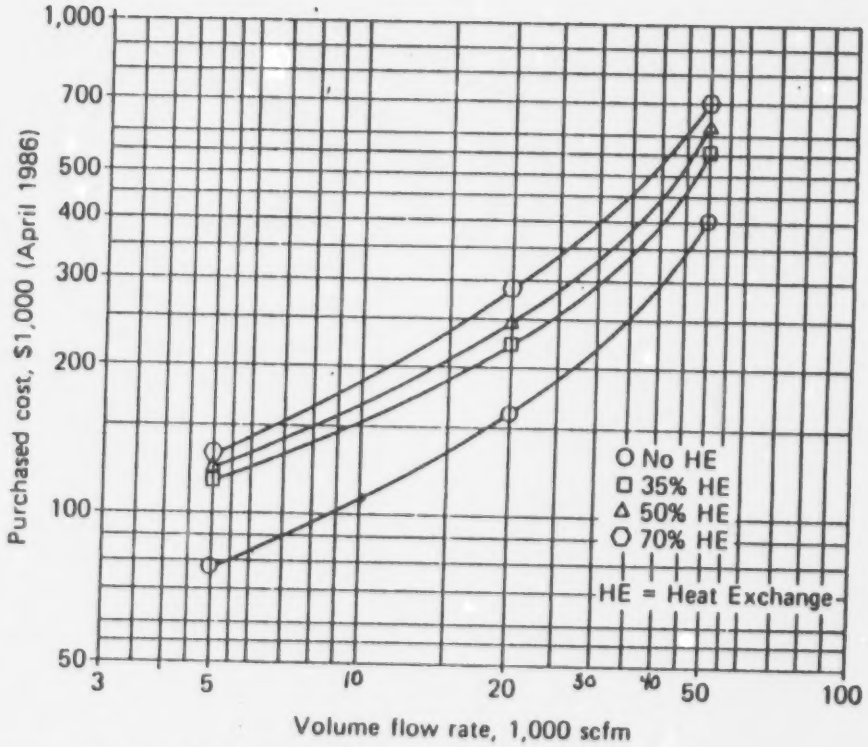
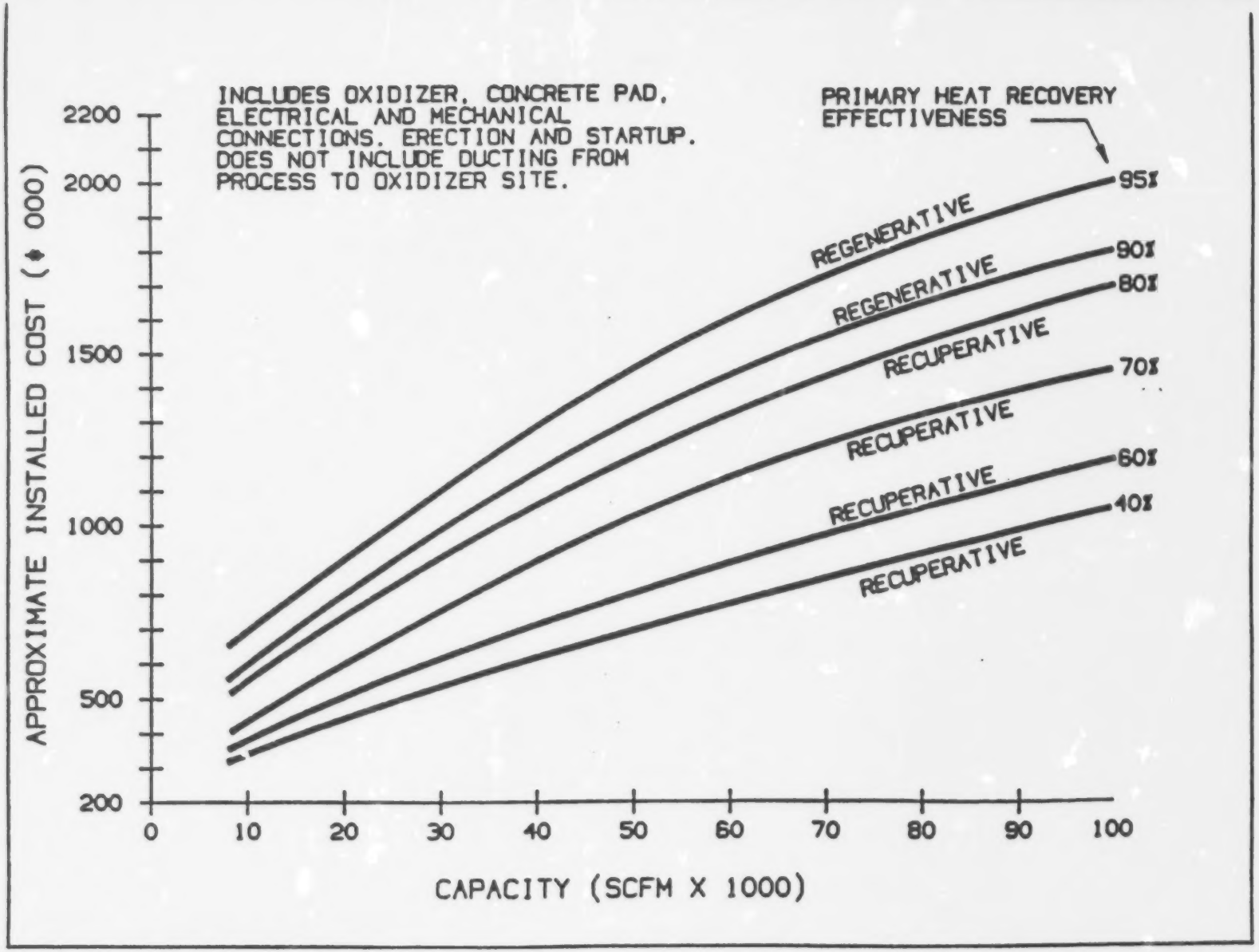


Figure 2. Catalytic incinerator equipment cost estimates.[4-8]

SOURCE: JAPCA, FEVRIER 1987, VOLUME 37, N^{O} 2



CONFÉRENCE DE M. ROY J. McILWEE, P.E. DE LA
COMPAGNIE SMITH ENGINEERING PRÉSENTÉE AU CONGRES ANNUEL
DE L'ASSOCIATION DES FABRICANTS DE MEUBLES EN 1990

FIGURE 3

c) Le charbon actif

Le charbon actif est utilisé pour récupérer et permettre une réutilisation des solvants. L'industrie qui se prête le mieux à cette récupération est celle des adhésifs puisque le solvant y est dans bien des cas une substance pure telle le toluène. Les épurateurs de ce type installés sur l'île de Montréal comptent en général deux lits d'absorbtion. Une colonne remplie de charbon absorbe les solvants pendant qu'une deuxième est en période de régénération. Cette régénération est effectuée à l'aide de vapeur qui est condensée à la sortie de la colonne. Le solvant est recueilli au-dessus de l'eau. Un refroidissement du lit à l'air suit cette opération. Les changements de colonne et les régénérateurs sont effectués de façon automatique à l'aide de minuteries et ou d'appareils de mesure des concentrations de SOV. Il en coûte environ 30,00$/pi^3/min d'investissement pour ce type d'épurateur.

d) L'électrofiltre

L'électrofiltre peut être utilisé en combinaison avec des laveurs et des refroidisseurs pour réduire les émissions atmosphériques de SOV. Une grande partie des SOV lourdes peut être condensée par refroidissement avec ou sans contact direct. L'effluent gazeux est par la suite légèrement réchauffé pour éviter la formation d'arc et est passé dans des électrofiltres. Ceux-ci captent alors les SOV à l'aide d'un champ électrique. Cet appareil concurrence les incinérateurs qui sont dispendieux à l'achat et à l'opération. Son coût est approximativement de 25,00$/pi^3/min. Il a, entre autres, été utilisé par les secteurs de l'imprimerie sur papier et de la friture.

e) Les changements aux procédés

Plusieurs initiatives ont été prises par les imprimeurs sur film pour abaisser leurs émissions. Les colles à base de solvant de laminateurs ont en partie été changées pour des colles à base d'eau et des encres à haute teneur en solide ont été essayées. Pour ce faire, les rouleaux "Anilox" ont dû être changés sur les machines. Ce type de rouleaux a une durée de vie beaucoup plus longue que les rouleaux conventionnels de sorte que l'investissement initial peut se justifier d'un point de vue économique. On a ajouté des "doctor blade" pour contrôler l'épaisseur d'encre sur les rouleaux et on a ajouté des couvercles sur les stations d'encrage. L'émission moyenne d'une imprimante est de près de 10 kg/h alors que celle d'un laminateur est de l'ordre de 40 kg/h. Les imprimeurs sur film ont réduit leurs émissions atmosphériques de 50 à 60 % depuis 1980. Le tableau qui suit montre les coûts impliqués pour quelques unes des modifications effectuées.

TABLEAU 11

IMPRIMERIE SUR FILM

Installation de stations d'encrage fermées:	1000,00$/station environ (5000,00$ par imprimante) en moyenne
Changements des rouleaux "Anilox":	5000,00$ par rouleau environ (20 000,00$ par imprimante)
Installation de "doctor blade" fermé	15 000$/ par station environ

V- Conclusion:

Les secteurs de la finition des surfaces (bois et métal) savent déjà qu'ils seront les prochains touchés. Déjà plusieurs grosses usines ont réagi et ont procédé au changement des peintures dans le cas de la finition des surfaces métalliques pour des peintures en poudre électrostatiques. L'industrie du meuble a confié un mandat au CRIQ pour rechercher les moyens pour réduire les quantités de SOV émises à l'atmosphère. Le rapport fourni mentionne entre autres les possibilités suivantes:

TABLEAU 12

INDUSTRIE DU MEUBLE DE BOIS ET DE MÉTAL

MOYENS PROPOSÉS POUR RÉDUIRE LES ÉMISSIONS DE SOV A L'ATMOSPHERE

a)	changement des peintures:	à base d'eau à haute teneur en solides à base de produits polymérisant aux rayons UV électrostatiques
b)	augmentation des efficacités de transfert des peintures:	utilisation de robots utilisation de disques électrostatiques atomisation sans air atomisation sans air assistée à l'air atomisation H.V.L.P. (High Volume, low pressure) combinaison de ces derniers.
c)	changement de procédés:	élimination des solvants (procédé Unicarb)

Le Service évalue actuellement les efficacités de transfert de peinture qui seront accordées pour les différents types d'équipement d'application dans le but de créditer l'industrie pour toutes les améliorations qui seront apportées afin de réduire les émissions.

Deux projets d'envergure concernant l'inspection des automobiles et la récupération de vapeur d'essence retiendront spécialement l'attention du Service dans les années à venir.

Dans le cadre du plan de gestion des NO_x/SOV, nous avons participé activement en tant que membre du groupe d'étude national à l'élaboration de recommandations techniques pour la protection de l'environnement applicables à la récupération des vapeurs dans les réseaux de distribution d'essence. Un code de recommandations techniques de même qu'une norme relative aux systèmes de récupération ont été rédigés. A plus ou moins brève échéance, il est possible que le Service soit impliqué dans l'élaboration d'une réglementation spécifique au territoire ou à tout le moins responsable de l'application sur l'île d'un règlement provincial à cet effet.

En ce qui concerne l'automobile, déjà en 1987 le Service recommandait dans un rapport la mise sur pied de cliniques obligatoires d'inspection des véhicules automobiles sur l'île de Montréal. En septembre dernier, la CUM était impliquée dans la tenue de trois journées de cliniques d'inspection des automobiles organisées par le ministère de l'Environnement dans le but d'obtenir des données récentes sur le parc automobile de l'île de Montréal. Le Service aimerait qu'une action rapide soit entreprise dans ce domaine, qu'elle soit provinciale ou municipale.

Nous pouvons affirmer que des diminutions importantes dans les émissions de substances organiques à l'atmosphère ont été obtenues sur l'île de Montréal à cause de la réglementation en vigueur et à cause de l'application des mesures contenues dans la législation. Les secteurs industriels ont été définis et chaque usine a été avisée de soumettre un projet de réduction au Service.

Yves Bourassa

YB/ms

Yves Bourassa, ingénieur

L'OZONE TROPOSHÉRIQUE: L'ÉLABORATION D'UNE STRATÉGIE D'INTERVENTION POUR LE QUÉBEC

ALLOCUTION PRÉSENTÉE À L'OCCASION DU

COLLOQUE SUR LES PRÉCIPITATIONS ACIDES ET SUR LA POLLUTION PAR L'OZONE

MONTRÉAL, 4-5 NOVEMBRE 1991

Par: ANDRÉ MARSAN
Sous-ministre adjoint au
Milieu industriel
Ministère de l'Environnement du Québec

L'ozone troposphérique: l'élaboration d'une stratégie d'intervention pour le Québec

André Marsan

Résumé

Au cours des deux dernières décennies, la lutte contre la pollution atmosphérique, causée par les polluants classiques, s'est intensifiée. Aujourd'hui, on recueille des dividendes importants en terme d'amélioration de la qualité de l'air ambiant sur l'ensemble du Québec.

Malgré tous les efforts, on réalise toutefois que le problème de qualité de l'air ambiant dû à l'ozone au sol demeure. Pour s'assurer que les niveaux d'ozone dans l'air ambiant respecte la norme horaire de 82 ppb, un programme plus agressif est nécessaire.

Ce problème ne se pose pas seulement au Québec mais plutôt sur un plan régional puisqu'il touche les provinces et les états américains limitrophes.

En réponse à ce problème, le Québec a amorcé l'élaboration d'une stratégie devant éventuellement lui permettre d'apporter les correctifs requis. Les divers éléments de cette tragédie seront examinés ainsi que les implications non seulement pour le Québec mais aussi pour les territoires limitrophes.

Introduction

Tel que déjà souligné par plusieurs conférenciers qui m'ont précédé, le Québec a connu, il n'y a pas si longtemps, de sérieux problèmes de pollution atmosphérique qui ont entrainé l'adoption de réglementations strictes visant particulièrement le secteur industriel et les véhicules-automobiles. Cela a eu pour effet de réduire fortement les émissions de gaz polluants et la qualité de l'air s'en est trouvée améliorée d'une manière significative.

Cependant, une telle amélioration ne s'est pas réalisée dans le cas de l'ozone au sol et ceci nous amène à envisager l'élaboration de nouvelles stratégies pour combattre cette pollution. Aussi, il m'apparaît approprié de vous faire part de la démarche entreprise par le gouvernement du Québec dans sa lutte contre la pollution des oxydants photochimiques, plus spécifiquement de l'ozone.

1. La pollution par les oxydants photochimiques: un défi insurmontable ou une solution utopique

Voilà l'idée qui m'est venue spontanément à l'esprit à l'examen de l'historique de la lutte contre la pollution par l'ozone entreprise aux États-Unis. La pollution atmosphérique par les oxydants photochimiques ne constitue pas un problème récent et on pourrait même lui attribuer en grande partie l'intérêt suscité pour le problème de la pollution atmosphérique au début des années 1970. Dès 1966, la région de Los Angeles édictait des normes de réduction des composés organiques volatils visant à solutionner le problème du smog urbain. Cette action fut suivie de près par le district de la Baie de San Franscisco. Cette préoccupation gagnait l'ensemble de l'Amérique du Nord au début des années 1970.

Lors de l'adoption de la loi sur la salubrité de l'air, le "Clean Air Act (CAA)" en 1970, le Gouvernement fédéral américain fixait comme échéancier 1975 pour satisfaire aux normes primaires de qualité de l'air ambiant. Dans le cas de l'ozone, la norme horaire de 80 ppb était adoptée en 1971. Cependant, devant l'impossibilité de satisfaire aux normes d'air ambiant, notamment pour l'ozone (plus de 78 régions étaient non conformes), le gouvernement s'est vu forcé de procéder en 1977, à une première révision du CAA; celle-ci prolongeait le délai de conformité jusqu'en 1982 et imposait un nouveau programme de contrôle plus sévère. Les régions les plus touchées pouvaient même bénéficier d'une extension jusqu'en 1987. D'ailleurs, 40 régions se sont prévalues de cette prérogative.

Il est pertinent de souligner que les modifications comprenaient le resserrement des normes d'émission des véhicules automobiles, l'élaboration de programmes d'inspection et d'entretien pour les véhicules, la détermination de limites d'émission plus strictes pour les nouvelles sources fixes, notamment celles rejetant plus de 100 tonnes par année de composés organiques volatils (COV), l'imposition de mesures de contrôle

pour les sources existantes dans les régions non conformes et finalement l'adoption de mesures de contrôle du transport.

En 1979, l'Agence américaine de protection de l'environnement "Environmental Protection Agency (E.P.A.)" revisait la norme horaire pour l'ozone en accroissant la limite de 50 p. 100; la norme horaire passant de 80 ppb à 120 ppb [1], concentration maximale à ne pas excéder plus d'une fois par année, en moyenne.

Malgré certains progrès réalisés entre 1977 et 1987, la situation ne s'est pas améliorée sensiblement et plus de 60 régions en 1987 dépassaient alors la norme et ce, même si la norme était 50 p. 100 moins contraingante qu'initialement.

En 1990, le gouvernement fédéral américain procédait pour une seconde fois à une révision en profondeur de la Loi afin, entre autres, de s'attaquer aux problèmes des précipitations acides, aux polluants atmosphériques toxiques et aux régions non conformes en matière de qualité de l'air ambiant. En particulier, on désirait s'attaquer de façon rigoureuse au problème très sérieux et répandu de pollution de l'air causé par l'ozone: plus de 100 millions de personnes dans 90 régions aux États-Unis étaient exposés à des concentrations jugées insalubres.

Les amendements prévoient plusieurs mesures importantes de contrôle et fixent des délais pour satisfaire aux normes d'air ambiant. Dépendant de la gravité du problème, les délais pour se conformer à la norme pour la santé peuvent s'échelonner de 3 ans jusqu'à 20 ans dans le cas de Los Angeles, la ville la plus polluée. De plus, on a établi des niveaux spécifiques de réduction des émissions de COV à 15 p. 100 pour les six premières années et par la suite à 3 p. 100 par année.

---

[1] Cette norme est demeurée à 82 ppb au Canada.

Le principal constat qui s'impose à nous aujourd'hui, c'est que plus de vingt ans ont passé depuis l'adoption des premières séries de mesures en vue de solutionner le problème d'ozone au sol aux États-Unis. La situation ne s'est pas améliorée: le problème se pose avec autant d'acuité et aucune amélioration n'est perceptible, et ce, malgré un relâchement de 50 p. 100 de la norme relative à l'ozone dans l'air ambiant.

On compte sur une période additionnelle de vingt ans, au cours de laquelle des mesures très strictes et sans précédent seront imposées à une multitude de petites et moyennes sources, pour apporter une solution définitive au problème de l'ozone au sol.

Quant à la garantie que l'objectif ultime puisse être atteint, elle n'est pas évidente malgré les dispositions prévoyant l'évaluation périodique des améliorations au niveau des émissions de (Composés Organiques Volatils) COV. Il pourrait s'écouler encore une décennie avant de pouvoir juger de l'efficacité des mesures prévues et dont l'application s'effectuera progressivement.

Il m'apparaît opportun, en raison de la démarche entreprise non seulement par le Québec, mais aussi par d'autres provinces en vue d'élaborer des stratégies d'intervention pour lutter contre l'ozone troposphérique, de connaître les raisons qui expliquent la défaillance des programmes ou actions réalisés depuis 1970 aux États-Unis, pour résoudre le problème de la pollution causée par l'ozone. Il aurait été intéressant que cette analyse soit faite par le groupe de travail chargé d'élaborer le plan national de gestion des Oxydes d'azote (NO_x) et COV.

À la suite de divers ateliers, consultations et analyses tenus ou effectués par l'E.P.A. et d'autres organismes, il ressort, selon le rapport produit du U.S. Office of Technology Assessment, que les

principaux facteurs se regroupent en deux catégories: les facteurs de nature technique et les facteurs à caractère politique et administratif.

Parmi les facteurs techniques, on mentionne l'incapacité de bien cerner l'étendue et l'importance du problème, l'inventaire incomplet et imprécis des émissions de NO_x et de COV, ainsi que la sous-estimation de leurs projections, la prise en compte de façon inadéquate du transport à distance de l'ozone et des polluants précurseurs, une compréhension insuffisante de la chimie atmosphérique, l'existence de caractères spécifiques à chacune des régions, l'imprécision et le manque de rigueur dans l'utilisation des modèles mathématiques.

Quant aux facteurs à caractère politique et administratif, à propos desquels on trouve le plus de désaccord entre les divers groupes ou individus consultés, on indique: les déficiences dans la promulgation et la mise en vigueur des mesures de contrôle, particulièrement pour les véhicules automobiles et pour le transport en général, les délais déraisonnables et irréalistes, les contraintes sérieuses affectant l'habileté à administrer les mesures légales, le manque de soutien de la part du public.

Il est donc important que, dans la démarche que nous entreprenons, nous puissions mettre à profit les leçons qui se dégagent de ces deux décennies chez notre puissant voisin où beaucoup d'effort et d'énergie ont été déployés, sans vraiment permettre d'améliorer la situation.

2. Élaboration d'une stratégie pour le Québec

Le Québec a entrepris, à la fin de l'année 1990, des travaux en vue d'élaborer une stratégie répondant au problème d'ozone dans l'air ambiant, tout en permettant aussi, dans une certaine mesure, de résoudre ou

d'atténuer d'autres préoccupations environnementales dues aux polluants précurseurs, les NO_x et les COV.

Plusieurs facteurs nous ont influencé dans notre décision, dont les principaux sont:

- les dépassements fréquents et élevés de la norme horaire québécoise pour l'ozone, fixée à 80 ppb;

- l'exposition d'une partie importante de la population à des niveaux d'ozone jugés insalubres;

- les dommages probables aux grandes cultures, aux plantes horticoles, ainsi que le rôle potentiel de ce polluant dans le dépérissement des forêts;

- les actions envisagées par le fédéral et les autres provinces à la suite de l'adoption en principe de la phase I du plan de gestion NO_x et COV, développé sous l'égide du Conseil canadien des ministres de l'Environnement;

- les engagements internationaux du Canada;

- les programmes de contrôle que s'apprêtent à réaliser les États-Unis.

L'objectif principal et ultime recherché par l'élaboration et l'application d'une telle stratégie consiste à assurer le respect de la norme horaire pour l'ozone dans l'air ambiant afin de protéger la santé de la population, en particulier les récepteurs sensibles.

Je me permets de souligner certains aspects importants et spécifiques au problème d'ozone bien que la majorité de ceux-ci ait été abordée par les conférenciers précédents. Je désire, toutefois, faire ce rappel

compte tenu de leur influence et de la nécessité d'y apporter l'attention requise lors de l'élaboration de toute stratégie de lutte contre l'ozone.

Le problème de pollution par l'ozone se manifeste essentiellement par des épisodes aigus et persistants, caractérisés par des pointes d'ozone pouvant atteindre plus de 2 fois la norme, qui se produisent uniquement au cours de l'été. De tels épisodes sont le résultat de réactions chimiques fort complexes entre les NOx et les COV qui interviennent lors de conditions météorologiques typiques: température élevée, rayonnement solaire intense et conditions climatiques favorables au transport atmosphérique à longue distance de l'ozone et des polluants précurseurs.

De plus, les réactions sont fortement dépendantes de la réactivité des composés organiques volatils. La propension des différents COV contribuant à la formation d'ozone varie beaucoup. Ceci peut possiblement expliquer qu'on ait noté que l'efficacité dans la réduction des émissions des polluants précurseurs pour diminuer les concentrations d'ozone est particulièrement influencée par le rapport entre les concentrations de COV et de NO_x dans l'air ambiant. Toutefois, faute de posséder une caractérisation convenable des COV dans l'atmosphère, il est difficile de valider une telle hypothèse et de préciser son importance.

Le problème présente un caractère très régionalisé puisque, géographiquement, les zones touchées ne représentent qu'une portion du territoire. Pour le Québec, le territoire couvre une superficie de 60 000 km^2 (4 p. 100 du territoire) où plus de 83 p. 100 de la population habite (5 404 000). Cette région se situe dans l'axe du corridor Windsor, en Ontario, et de la ville de Québec lequel est largement influencé par les produits transportés à grande distance.

Donc, un groupe de travail a été formé dont la première tâche a été de définir un plan d'action, comprenant six (6) étapes, afin d'élaborer la stratégie devant nous permettre d'atteindre notre objectif. Plusieurs des

aspects ou éléments qui constituent ou font partie de ces étapes, ont d'ailleurs été abordés aujourd'hui. Cependant, il m'apparaît important de vous présenter ce plan d'action.

1° La définition du problème

La gravité et l'étendue du problème de la qualité de l'air ambiant sont obtenues par la surveillance des concentrations d'ozone. À la suite de l'addition récente de sites de mesure en milieux périurbain, rural et forestier, le réseau actuel de surveillance de l'ozone devrait nous fournir les données suffisantes pour dresser un portrait adéquat et représentatif du territoire touché par cette pollution.

En outre, il apparaît souhaitable que ce type d'information puisse être complété par l'acquisition de données québécoises sur les effets néfastes à la santé et sur les dommages causés à la végétation. Cela devrait nous permettre d'établir la gravité des effets de l'ozone sur la santé de la population du Québec et sur son environnement, en fonction de l'intensité et de la durée de l'exposition à l'ozone, plutôt que de compter sur l'extrapolation des résultats obtenus ailleurs pour en déduire les répercussions.

D'ailleurs, l'ensemble de ces informations nous permettrait, entre autres, d'évaluer l'efficacité de tout programme de réduction ainsi que les gains réalisés en matière de santé et d'environnement.

Quant aux polluants précurseurs, la situation diffère nettement. On dispose présentement de données pour les NO_x à un nombre restreint de sites et aucune mesure n'est prise pour les COV, vu le peu de disponibilité d'instruments de mesure adéquats. Toutefois, en raison de la complexité

de la chimie atmosphérique, il conviendrait que cet aspect soit approfondi et qu'on examine les possibilités de palier à cette lacune.

2° L'inventaire des émissions et leur projection

Une étape extrêmement importante et cruciale, pour développer une stratégie de réduction des émissions de NO_x et COV, consiste en l'établissement d'un inventaire des émissions de ces polluants précurseurs. Un tel inventaire doit être suffisamment précis et fiable et couvrir l'ensemble des sources et leur distribution géographique autant que faire se peut. Dans un premier temps, on se doit d'établir la situation actuelle et dans un second temps, de prévoir les changements anticipés des émissions dans le futur avec et sans intervention.

Il m'apparaît pertinent d'indiquer certains éléments qui font mieux ressortir l'ampleur et la complexité de cette étape ainsi que les difficultés à prévoir lors de l'élaboration et la mise en oeuvre de la stratégie.

Contrairement au cas des précipitations acides, où plus de 85 p. 100 des émissions de dioxyde de soufre provenait de moins d'une centaine de sources industrielles, les sources responsables des émissions de composés organiques volatils comprennent une multitude de secteurs auxquels se greffent des milliers de petites et moyennes sources diffuses et fixes. À cela s'ajoutent des millions de sources mobiles qui, considérées sur une base individuelle, rejettent en général une quantité minime de polluants.

D'autres facteurs contribuent encore à accroître la complexité de ce problème. À titre d'exemple, dans une même catégorie de source, les émissions, quantitativement et qualitativement, sont influencées par divers facteurs et par conséquent, sont très variables: matières

premières utilisées, procédé de production retenu, mesures de contrôle, de surveillance et d'entretien, âge des équipements... Tous ces facteurs doivent être considérés dans l'établissement d'un inventaire acceptable. Dans le même ordre d'idées l'émission globale des véhicules automobiles est déterminée à l'aide d'un modèle, en l'occurence "Mobile IV", dont on peut difficilement vérifier la véracité.

Un autre aspect à considérer a trait aux multiples substances de réactivité et de toxicité diverses que regroupent les composés organiques volatils et dont le rôle diffère dans la formation de l'ozone. Pour une meilleure appréciation de cet aspect, à titre d'exemple, l'empreinte chimique pour l'essence, comprend au-delà de 28 substances réparties en diverses catégories de COV (aliphatiques, oléfines, aromatiques et même une partie indéterminée) dont certaines, comme le benzène, le xylène, le toluène, l'éthylbenzène, font partie de la liste des substances d'intérêt prioritaire du fédéral et considérées dangereuses dans plusieurs pays. D'autres exemples pourraient être fournis pour plusieurs des secteurs faisant partie de l'inventaire.

Quant aux émissions de NO_x, l'inventaire est beaucoup plus simple et facile à réaliser puisque les émissions proviennent essentiellement de la combustion des combustibles fossiles et de la biomasse.

Il m'apparaît utile de vous indiquer certains points saillants qui se dégagent de l'inventaire préliminaire présenté plus tôt, lequel doit être raffiné davantage et validé.

Le secteur des transports est largement responsable des émissions de NO_x, y contribuant pour 70 p. 100 en 1985 dont près de 39 p. 100 sont attribuables aux automobiles et autres véhicules légers. La contribution de la combustion par les secteurs industriels compte pour 16 p. 100; le secteur le plus important étant les pâtes et papiers.

Quant aux émissions de COV, en 1985 le transport représentait près de 40 p. 100 et les sources diffuses près de 34 p. 100; les procédés des secteurs industriels comptant pour 15 p. 100, dont 10 p. 100 par la pétrochimie. Les véhicules automobiles et les véhicules légers représentaient 78 p. 100 des émissions dûs au transport.

Pour les sources diffuses, la répartition entre les diverses activités se lit comme suit:

- usage général de solvant 56%
- revêtement de surface 27%
- commercialisation des combustibles 15%
- nettoyage à sec 2%

Les données d'émission du transport proviennent d'Environnement Canada et sont basées sur un parc automobile de 2,5 millions de véhicules automobiles; ce nombre se situe à 2,9 millions en 1990. À ces millions de véhicules légers, il faut ajouter des centaines de milliers d'autres véhicules routiers (camions, autobus, motocyclettes), les véhicules hors-route ainsi que les locomotives, les bateaux et les aéronefs.

Quant à la répartition géograhique, il faut souligner la forte concentration des émissions dans le corridor Québec-Montréal-Outaouais ou l'on retrouve d'après nos évaluations sommaire plus de 85% des émissions de COV et à plus de 70% des émissions de NO_x.

La principale lacune de l'inventaire actuel réside dans la difficulté de caractériser les substances groupées sous les COV, de sorte qu'il est impossible d'établir leur degré de réactivité, soit leur potentiel de formation d'ozone et leur toxicité. Il y a lieu d'examiner cet aspect afin de pouvoir établir comment on peut l'améliorer.

3° Le processus atmosphérique

Cette étape couvre l'étude des processus impliqués dans la formation, le transport, le "dépôt" des oxydants et l'application de modèles de transport à distance.

Le cycle de vie de l'ozone est constitué des éléments suivants:

. les émissions des précurseurs primaires;

. les réactions photochimiques qui les transforment en ozone et autres polluants secondaires;

. le transport des régions sources vers les régions réceptrices;

. les processus d'élimination de l'ozone et les autres polluants secondaires.

À cause de la complexité du processus atmosphérique, les relations entre l'ozone et ses précurseurs sont obtenus en général par simulation à l'aide de modélisation, soit, à l'échelle locale ou urbaine, régionale ou continentale. La fiabilité et la précision des résultats obtenus par modélisation dépendent de l'exactitude des mécanismes chimiques et de transport utilisés pour simuler l'atmosphère réelle, de la précision des données de concentration des polluants précurseurs dans l'air ambiant et de l'exactitute des données d'émissions.

La réalisation de ce type d'étude exige beaucoup de ressources et il nous apparaît peu pratique et quelque peu irréaliste pour le Québec de mener seul ce genre d'étude. Nous croyons pertinent d'examiner les possibilités de s'associer à d'autres groupes, notamment le gouvernement de l'Ontario, qui a déjà amorcé des études en ce sens, afin d'utiliser

plus efficacement les compétences disponibles compte tenu des ressources relativement faibles dont nous pouvons disposer.

Ce type d'étude devrait nous permettre, entre autres, d'évaluer l'importance de la contribution des émissions outre-frontières et aussi le niveau des réductions d'émissions à réaliser pour atteindre notre objectif.

En l'absence de telles informations, nous procéderons à des analyses approfondies des épisodes majeures à l'aide de rétrotrajectoires dont les résultats devraient nous fournir des indications quant à l'importance du transport à longue distance de l'ozone et des précurseurs, tel qu'il a été illustré par une des présentations d'aujourd'hui. Selon les analyses effectuées jusqu'à date, plusieurs des épisodes majeurs au Québec, apparaissent sous certaines conditions météorologiques, caractérisées par des mouvements importants et prédominants de masses d'air en provenance du sud et du sud-ouest. Ces résultats indiquent que le problème d'ozone est étroitement lié au transport à grande distance de l'ozone et des précurseurs. Cependant, de telles analyses ne peuvent, seules, fournir une base rationnelle aux scénarios de contrôle des précurseurs.

En outre, un parallèle peut être fait entre le problème de précipitations acides pour lesquelles nous possédons des données et le problème d'ozone, parallèle qui pourrait nous apporter certains indices additionnels à ce sujet. Ainsi, en comparant les émissions de SO_2 (9 millions de tonnes) avec les émissions de NO_x (3,8 millions de tonnes) et de COV (4,2 millions de tonnes) d'une grande région, constituée des états américains (N.Y. MI. OH. PA...), de l'Ontario et du Québec, on constate, sur une base comparative, que la contribution du transport à longue distance pourrait être tout au moins aussi importante que dans le cas des précipitations acides. En effet, la contribution aux émissions de NO_x et COV pour l'ensemble de la région s'établit comme suit: les états américains 77-79%, l'Ontario 15% et le Québec 6-8% par rapport à 64% (E.U.), 24% (Ont.),

12% (Qué.) pour le SO_2. Ainsi, nous pouvons déduire une forte influence des sources outrefrontières; ces résultats doivent cependant être considérés comme une approximation et par conséquent être utilisés à titre indicatif seulement.

4° Les options de réduction des émissions

Lors de la réalisation de cette étape, nous nous proposons d'identifier et d'examiner les technologies de réduction actuellement disponibles ou qui le deviendraient dans un avenir prochain ainsi que tout autre type de mesures applicables pouvant entraîner des réductions des émissions de NO_x et de COV. Cet examen couvrira l'ensemble des catégories de sources, bien qu'une attention particulière sera consacrée à celles qui sont susceptibles d'entrainer les réductions plus substantielles, et ce, dans le territoire touché. À cet égard, les travaux réalisés par les groupes de travail chargés d'élaborer le plan national de gestion des NO_x et des COV serviront de documents de référence au cours de cette étape.

Cet exercice permettra d'établir l'importance des réductions potentielles par rapport à la situation actuelle, selon la technologie ou les mesures ou encore, une combinaison des deux qui pourrait être privilégiée.

Des réductions des émissions de NO_x des installations de combustion de l'ordre de 15 à 80 p. 100 et plus peuvent être obtenues par l'application des technologies actuellement disponibles sur le marché. Parmi les catégories de technologies qui méritent d'être citées, il y a les brûleurs à faibles émissions de NO_x et les modifications du procédé de combustion (la diminution de l'excès d'air, la recirculation des gaz de combustion, la réduction de l'intensité calorifique du foyer de la chaudière, l'injection de composés chimiques et le traitement des gaz par réduction

catalytique sélective ou par réduction non catalytique sélective. On peut aussi recourir à la substitution de combustible dans le cas où le charbon ou le mazout est utilisé. En outre, une des mesures qui devrait être analysée attentivement concerne la conservation et l'efficacité énergétique qui pourraient permettre des réductions substantielles non seulement de NO_x et COV mais aussi des autres polluants, notamment le CO_2.

Quant aux émissions de NO_x par le transport, il convient de souligner que des normes plus strictes, s'appliquant à partir des modèles 1988 pour les véhicules automobiles, permettront de réduire progressivement les émissions de NO_x et atteindront leur pleine efficacité lorsque l'essentiel du parc automobile aura été renouvellé par des modèles 1988 ou des années ultérieures, soit vers la fin de cette décennie.

Néanmoins, la pollution en provenance du secteur des transports ne cesse de croître en raison de l'augmentation continuelle du parc automobile et du trafic. Ainsi, les données produites par Environnement Canada prévoient que ce secteur continuera d'être à l'origine de plus de soixante-dix p. 100 des rejets de NO_x et de près du quart des rejets de composés organiques volatils, demeurant ainsi un des premiers responsables de la pollution photochimique.

Diverses options s'offrent à nous pour obtenir des réductions additionnelles de NO_x et de COV. Il y a d'abord le resserrement des normes au niveau de celles promulguées par la Californie, tant au niveau des gaz d'échappement qu'a celui des pertes par évaporation, mesures qui devraient possiblement être adoptées par Environnement Canada d'ici 1996 et qui permettra d'atteindre un niveau de réduction de l'ordre de 96 p. 100 des polluants par rapport à aucun contrôle. L'application de normes de rejets, s'appliquant aux poids lourds, pourrait aussi résulter en une réduction sensible des émissions. L'établissement de nouvelles normes de rendement énergétique constitue une option qui n'a pas reçu, à mon avis, toute l'attention qu'elle mérite, et ce, malgré les possibilités qu'elles

sélective ou par réduction non catalytique sélective. On peut aussi recourir à la substitution de combustible dans le cas où le charbon ou le mazout est utilisé. En outre, une des mesures qui devrait être analysée attentivement concerne la conservation et l'efficacité énergétique qui pourraient permettre des réductions substantielles non seulement de NO_x et COV mais aussi des autres polluants, notamment le CO_2.

Quant aux émissions de NO_x par le transport, il convient de souligner que des normes plus strictes, s'appliquant à partir des modèles 1988 pour les véhicules automobiles, permettront de réduire progressivement les émissions de NO_x et atteindront leur pleine efficacité lorsque l'essentiel du parc automobile aura été renouvellé par des modèles 1988 ou des années ultérieures, soit vers la fin de cette décennie.

Néanmoins, la pollution en provenance du secteur des transports ne cesse de croître en raison de l'augmentation continuelle du parc automobile et du trafic. Ainsi, les données produites par Environnement Canada prévoient que ce secteur continuera d'être à l'origine de plus de soixante-dix p. 100 des rejets de NO_x et de près du quart des rejets de composés organiques volatils, demeurant ainsi un des premiers responsables de la pollution photochimique.

Diverses options s'offrent à nous pour obtenir des réductions additionnelles de NO_x et de COV. Il y a d'abord le resserrement des normes au niveau de celles promulguées par la Californie, tant au niveau des gaz d'échappement qu'a celui des pertes par évaporation, mesures qui devraient possiblement être adoptées par Environnement Canada d'ici 1996 et qui permettra d'atteindre un niveau de réduction de l'ordre de 96 p. 100 des polluants par rapport à aucun contrôle. L"application de normes de rejets, s'appliquant aux poids lourds, pourrait aussi résulter en une réduction sensible des émissions. L'établissement de nouvelles normes de rendement énergétique constitue une option qui n'a pas reçu, à mon avis, toute l'attention qu'elle mérite, et ce, malgré les possibilités qu'elles

offrent sur le plan des réductions de l'ensemble des rejets dans l'atmosphère par les automobiles, y compris le gaz carbonique.

Il y a aussi les possibilités de réduction de COV qui peuvent être obtenues par les changements de carburant, soit la reformulation de l'essence et le remplacement de l'essence par d'autres carburants.

D'autres actions permettent de limiter les émissions du secteur des transports dont leurs efficacités dépendent largement de la réponse du public et de la volonté des pouvoirs publics. Elles consistent dans le développement et l'utilisation plus intensive des transports en commun, le recours au covoiturage, l'établissement d'un régime de limitation de vitesse, l'amélioration des plans de circulation et d'urbanisme afin de restreindre l'utilisation de véhicules personnels et de limiter les besoins en déplacements, train de mesures qui peuvent être combinées à des mesures d'incitation économique.

Pour les COV, quant aux sources autres que les sources mobiles, en raison de la variété de secteurs, de procédés, des divers usages ou activités concernées, je me limiterai à souligner les diverses catégories de mesures pouvant s'appliquer, telle que l'application de technologies de contrôle (absorption, adsorption, incinération, condensation, biofiltration), la modification des procédés, la substitution ou la modification de la composition des solvants ou des produits (peintures, vernis, encres, adhésifs, colles). La réduction qui peut être réalisée s'échelonne entre 25 et 90 p. 100 et plus, selon l'option choisie, le procédé ou l'activité visée et le mode d'application.

L'approche privilégiée pour les installations existantes vise à favoriser le recours aux meilleures technologies disponibles à un coût économiquement supportable, tout en prenant en considération d'autres facteurs. La technologie garantissant le taux d'émission le plus bas réalisable devrait s'appliquer aux sources nouvelles.

5° *L'examen et l'analyse des divers scénarios de réduction des polluants précurseurs*

Il est pertinent de souligner que le Québec ne part pas à zéro dans la lutte contre l'ozone puisque des mesures réglementaires ont déjà été prises qui pourront être bonifiées et complétées par des mesures additionnelles en vue d'atteindre l'objectif fixé: soit l'élimination des épisodes aigus d'ozone. D'autres mesures spécifiques sont actuellement en cours d'élaboration. Ainsi des discussions sont en cours avec le MER sur la question de la volatilité de l'essence (réduction à 62 K Pa) et de la récupération de vapeurs dans les systèmes de la distribution d'essence. Aussi un groupe de travail est à élaborer des propositions pour un programme d'inspection et entretien pour les véhicules automobiles.

Au cours de cette étape, la première action consistera à examiner l'ensemble de la réglementation actuelle au Québec y compris celle de la CUM, afin d'évaluer les réductions additionnelles qui devraient être réalisées à la suite de la mise en place de l'ensemble des mesures réglementaires. Une fois cet élément complété, et la situation pour chacun des secteurs caractérisée, on pourra mieux préciser les secteurs où des interventions plus rigoureuses s'imposent. L'importance des réductions à obtenir et les diverses options pour les réaliser seront ensuite identifiées.

Nous prendrons en compte certaines des initiatives prévues dans le plan de gestion des NO_x et des COV, particulièrement celles qu'il incombent au gouvernement fédéral de réaliser au niveau du transport.

Il est important aussi de souligner qu'en raison de l'influence du transport à longue distance, facteur dominant dans la région du Québec la plus touchée, il convient d'obtenir, dans un premier temps, et ce, des

juridictions concernées, notamment de l'Ontario et des états américains limitrophes au Québec et à l'Ontario, les réductions des polluants précurseurs qu'ils prévoient réaliser. C'est seulement lorsque ces engagements seront connus, que le Québec pourra être en mesure de prendre des engagements fermes quant aux réductions d'émissions de NO_x et COV qu'il est prêt à réaliser.

Il est important aussi, lors de l'élaboration de la stratégie, de prendre en considération les initiatives de contrôle envisagées ou retenues par l'Ontario et les états américains voisins qui pourraient nous inciter à nous engager dans la même direction pour certaines mesures qui seraient difficiles à appliquer isolément comme par exemple l'application des normes californiennes aux véhicules automobiles ou l'adoption de normes sur les produits de consommation dans l'état de N.Y..

La stratégie devrait comprendre l'établissement de limites d'émission ou d'exigences de recours à des technologies de contrôle, des mesures incitatives pour faciliter les changements sociaux nécessaires à la réalisation de certaines dispositions, l'établissement de systèmes de surveillance, y compris un programme d'inspection et d'entretien des véhicules.

6° *La proposition de stratégie d'intervention*

Cette dernière étape consiste à obtenir l'adoption d'une telle stratégie par le gouvernement ainsi que toutes les modifications législatives qui en découleront.

Pour ce faire, nous devons constituer un dossier qui doit présenter et justifier les divers scénarios que le gouvernement pourrait considérer ainsi que les implications aux plans politiques, juridiques et administra-

tifs, les bénéfices escomptés ou recherchés, et une évaluation des coûts découlant de l'application de l'un ou l'autre des scénarios.

Les divers amendements législatifs requis et contenus dans un projet de règlement doivent acccompagner le dossier.

Cette étape finale réalisée, le gouvernement ayant adopté la stratégie prévoyant, entre autres, les réductions de NO_x et COV à obtenir des sources d'émission sur son territoire, il restera à mener à bien la réalisation de programmes requis pour s'assurer l'atteinte de l'objectif.

3. Comment garantir le succès de la stratégie en matière de lutte contre l'ozone au sol?

Nous pouvons dégager les principaux facteurs qui ont contribué au succès obtenu dans le dossier des précipitations acides, soit la volonté et la détermination des pouvoirs publics, les efforts et engagements des entreprises et l'appui constant du public pour répondre à cette question.

Nous aurons besoin des mêmes ingrédients pour réussir dans la lutte contre l'ozone troposphérique. Comme, monsieur Mead l'a souligné lors de son allocution, la dernière décennie a été témoin d'une évolution très positive sur le plan de la protection et de la conservation de l'environnement. Nous espérons capitaliser davantage sur ces changements pour renforcer l'efficacité de nos interventions et faciliter l'établissement d'un consensus social.

Au niveau des pouvoirs publics, il y a lieu de s'assurer que l'action des divers paliers d'intervention soit bien coordonnée et intégrée et qu'elle s'exerce de façon cohérente et dans le respect des juridictions respectives. Nous espérons, notamment, que le fédéral puisse intensifier

son action dans le domaine du transport afin de s'assurer que les véhicules mis en marché puissent être conformes aux normes que permet d'atteindre l'application de la meilleure technologie.

Nos attentes vis-à-vis de l'industrie sont particulièrement élevées. D'ailleurs, ceci découle de divers gestes importants posés par les chefs d'entreprises, d'associations industrielles et professionnelles, notamment l'adoption de politiques corporatives environnementales, le développement de codes de bonnes pratiques et de codes d'éthiques, l'adoption de programmes environnementaux, voire même des engagements volontaires prévoyant "réduire à zéro" les impacts de leurs installations sur l'environnement.

Ce type d'engagement a été pris récemment par ICI, DOW, MONSANTO et beaucoup d'autres dont les opérations se trouvent à l'échelle de la planète. Au Canada, il y a eu en septembre, le programme lancé par une nouvelle coalition connue sous le titre "New Directions Group" formée de groupes environnementaux, d'industries et d'associations industrielles. À noter, le code de gestion responsable de l'Association canadienne de fabrication de produits chimiques, qui est en train de se généraliser à travers le monde.

Nous nous devons d'encourager les entreprises et les associations à concrétiser leurs engagements dans des gestes ou actions qui permettent non seulement de respecter les exigences réglementaires existantes ou prévues mais d'aller au-delà de celle-ci. Un appui résolu à cette approche pourra, nous espérons, constituer une forte incitation à l'innovation technologique et à la modification des comportements en regard de l'environnement, ce dont la collectivité pourrait retirer des avantages appréciables.

Quant aux citoyens, ceux-ci sont particulièrement sollicités en tant que consommateurs en raison de l'influence grandissante qu'ils exercent sur l'évolution des marchés et le développement des produits.

Nous nous attendons ce que ceux-ci développent une conscience de plus en plus grande des impacts sur l'environnement des gestes posés quotidiennement et qu'ils apportent, modifient ou ajustent leur comportement.

Nous sommes convaincus que c'est seulement par la reconnaissance de leurs responsabilités par les diverses composantes de la société que pourra se développer un climat de confiance, favorisant le développement d'un véritable partenariat, gage de succès dans la lutte contre l'ozone troposphérique.

Conclusion

Le problème de pollution atmosphérique par l'ozone troposphérique constitue à ce jour, un problème de pollution complexe et difficile à solutionner. Malgré plus de vingt (20) ans d'efforts et d'interventions surtout aux États-Unis, le problème persiste, ce qui a amené les gouvernements à développer de nouveaux programmes comprenant des mesures jamais envisagées antérieurement. On prévoit qu'un autre vingt (20) ans serait requis pour que l'ensemble des États-Unis puissent être conformes à la norme d'air ambiant pour l'ozone.

Au Canada, le problème de pollution par l'ozone se pose différemment et avec moins d'acuité. Le problème présente un caractère plutôt régional dans l'est du Canada et est largement influencé par le transport à grande distance de l'ozone, des autres polluants secondaires ainsi que des polluants précurseurs.

Dans la stratégie en voie d'élaboration, le Québec désire porter une attention particulière aux aspects transfrontaliers de manière à s'assurer que les régions limitrophes, contribuant au problème québécois, prennent des engagements fermes et élaborent des programmes étoffés de réduction de leurs émissions. Comme pour les précipitations acides, nous sommes convaincus que, sans les interventions importantes par les régions outre-frontières, les réductions d'émissions, que le Québec pourrait considérer, résulteraient en des bénéfices plutôt limités en terme de diminution de la fréquence et de l'importance des épisodes d'ozone.

Il est encourageant de constater les engagements pris par les États-Unis dans la lutte contre l'ozone. Toutefois, nous ne disposons pas présentement d'information quant aux réductions à être réalisées par les états américains, pour influencer les niveaux d'ozone observés au Québec.

En outre, la norme d'air ambiant à respecter étant 50 p. 100 moins stricte que la norme québécoise ou l'objectif canadien, les réductions par les états à proximité de nos frontières pourraient être nettement insuffisantes par rapport à ce que nous voudrions obtenir. Cela résulterait vraisemblablement à un effort beaucoup plus substantiel de la part du Québec, par rapport à sa responsabilité vis-à-vis ce problème.

Le même genre d'information devrait être obtenu sur le programme de réduction de l'Ontario afin de garantir que la stratégie retenue par le Québec réponde convenablement à la situation. Ces informations vont nous influencer non seulement lors de l'élaboration de la stratégie mais aussi dans l'établissement des délais de réalisation de celle-ci.

Cette position ne signifie pas que le Québec attendra pour prendre des actions que les autres bougent; cependant, il est évident qu'il sera prudent dans les choix des mesures à appliquer afin d'éviter que son économie en souffre.

Il est évident que les efforts de réduction porteront en priorité sur les modes de transport, spécialement les véhicules automobiles, l'utilisation de solvants organiques ou produits à base de solvants ainsi que les secteurs industriels à l'origine d'émissions importantes comme les raffineries de pétrole et les industries pétrochimiques.

Cette lutte contre la pollution par l'ozone n'est pas une responsabilité unique au gouvernement mais une responsabilité commune qui doit être partagée par l'ensemble des composantes de la société, industries, consommateurs, groupes environnementaux et gouvernements.

ANDRÉ MARSAN

LA POLLUTION PAR L'OZONE AU SOL: LE DÉFI DES ANNÉES 90

LE MARDI 5 NOVEMBRE 1991 A 15 H 15

Monsieur Bruce Walker
Society To Overcome Pollution

LE CONTROLE DU SMOG: C'EST LE TEMPS D'AGIR

STOP a été un des premiers groupes environnementaux à dénoncer le problème de la pollution par l'ozone. Le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux ont élaboré, par le biais de Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME), un plan national de gestion pour les oxydes d'azote (NO_x) et les composés organiques volatils (COV). Le temps est maintenant venu de le mettre à exécution.

RÉSUMÉ BIOGRAPHIQUE

M. Bruce Walker est directeur de la recherche à STOP. Fondé en 1970, le groupe de pression STOP est intervenu dans de nombreux dossiers notamment dans ceux de la qualité de l'air et de la dépollution du Saint-Laurent. Parmi les nombreuses actions de STOP liées à la dépollution du fleuve, mentionnons ce dossier rendu public en 1985 montrant que les raffineries de pétrole de l'Est de Montréal dépassaient régulièrement leurs quotas de rejets polluants. Depuis quelques années, STOP concentre surtout ses efforts sur le problème de la pollution par l'ozone.

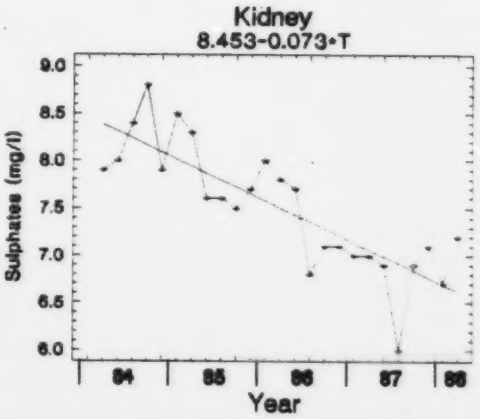
Trend Detection in Water Quality Time Series of Québec Shield Lakes

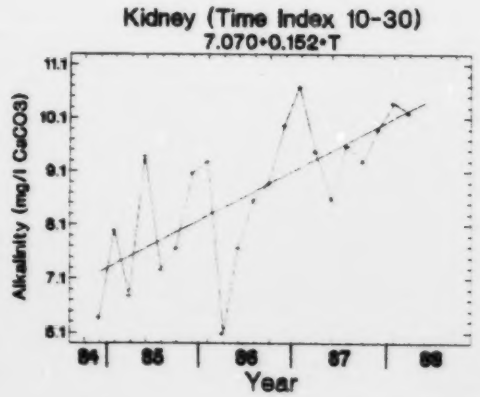
André Bouchard, Madeleine Papineau & John Haemmerli
Environment Canada, Québec Region, Inland Waters

The LRTAP-Québec network which has been in operation since 1983 includes 64 headwater lakes situated on the North shore of the St-Lawrence river within a 150 km wide strip that extends from the Outaouais river in the west to the Sept-Iles region in its easternmost section. The 64 lakes are divided among 8 homogeneous regions on the basis of physico-chemistry.

The present study is concentrated on regions 1 to 5 which include 12 temporal lakes (sampled six times a year) and 23 spatial lakes (sampled twice a year). Five parameters are evaluated for trend detection purposes which are pH, total alkalinity, sulphates, nitrates and the sum of Ca, Mg, Na and K.

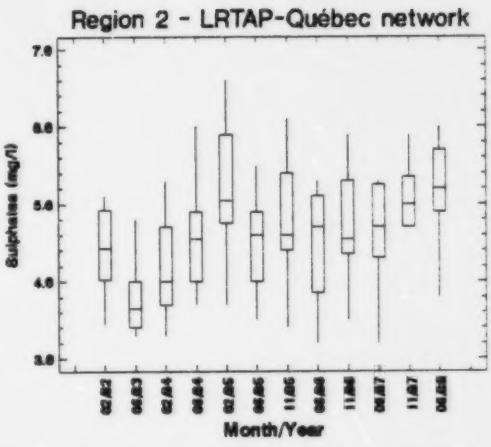
Lakes generally follow a pattern of decreasing mineralization and increasing sensitivity to acid rain from west to east (from region 5 to region 1). Mean pH values range from 5.6 in region 1 to 7.3 in region 5. Most of the lakes are low in color with mean values below 20 Hazen units. The network lakes are situated on the Canadian Shield an area that has long been recognized as being one of the most sensitive to acid precipitation due in large part to the underlying bedrock which is essentially granitic in composition and thus possesses very low alterability.





Following a time series analysis with the use of non parametric trend detection tests adapted to the various characteristics (persistence & seasonality) of each data series, strong decreasing trends for sulphates were detected in all four temporal lakes of regions 4 and 5 of the network which are situated in the Outaouais river basin. These decreases vary from 0.8

mg/l for Chevreuil, Blais and David Lakes to 1.8 mg/l for Kidney Lake from 1983 to 1988. Kidney Lake also shows a significant increase in alkalinity which may indicate a recovery for that lake. On a regional scale "Box-and-Whisker" plots indicate slight increases in pH from 1983 to 1988 for region 4.



Significant Trends Detected with Five-Year Data Series For 12 Temporal Lakes in the LRTAP-Québec Network

Variable	# of Trends	Tr/σe Range
pH	3	1.86-2.03
Cations	5	0.84-2.92
Alkalinity	6	0.99-4.19
SO4	5	1.60-5.01
NO3	6	0.63-2.92

Lakes of regions 2 and 3 in the eastern part of the network (Mauricie river basin) show patterns that indicate decreases in pH and increases in sulphate values from 1982/1983 to 1985 followed by a slight recovery from 1985 to 1988 with a return to higher lakewater sulphate concentrations in 1988. In region 1 (eastern part of the network), there is evidence of acidification from 1982/1983 to 1985 followed by a levelling off of sulphate and alkalinity values from 1985 to 1988. Patterns in SO_4 concentrations for lakes in regions 1, 2 & 3 of the network correspond well with SO_4 loadings observed at the CAPMoN station situated at the Laflamme Lake Watershed.

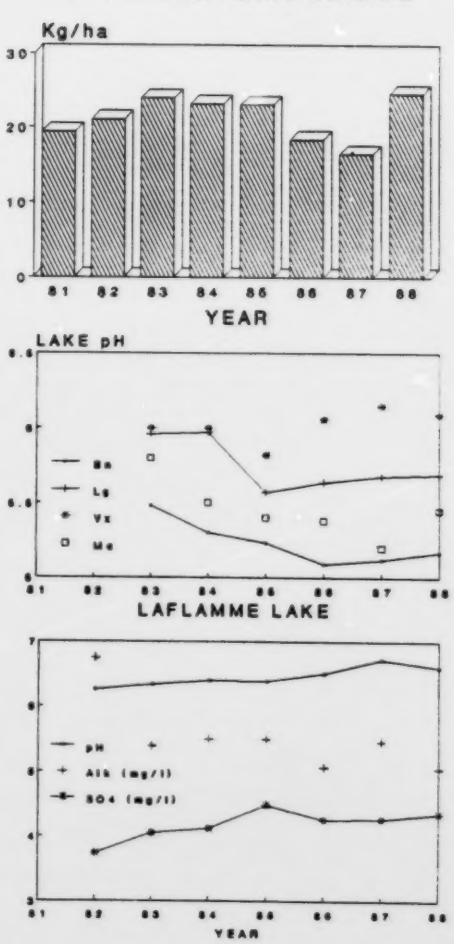
The LRTAP-Québec network was designed to detect trends equal to the standard deviation of the residuals within 7 to 10 years with a confidence level ($1-\alpha$) and a power of the test ($1-\beta$) of 90%. Trend to residual standard deviation ratios (Tr/σ_e) indicate that the network design is appropriate as trends were detected below the projected limit of $Tr/\sigma_e=1$. In fact results are better than anticipated as the network was designed with a parametric framework while the present work was done with non parametric tests which are more powerful given relatively short time series. It was found that tests for series without persistence (Kendall & Seasonal Kendall tests) were much more powerful than tests for series with persistence (Spearman/Lettenmaier and Hirsch & Slack tests). With the presence of persistent behavior it was possible to detect trends only above $Tr/\sigma_e=1.5$. In the case of series with seasonality, the correction used in order to obtain stationary series (moving averages) can be quite severe particularly when cycles vary in intensity from one year to the next as is the case with nitrates. Corrections should therefore be applied with caution.

Changes in Water Quality in the Laflamme Lake Watershed Area, Canada

Madeleine Papineau, Suzanne Couture & John Haemmerli
Environment Canada, Quebec Region, Inland Waters

The Laflamme Lake Watershed Area is located just north of Quebec City, a region of the Canadian Shield very sensitive to acid deposition and receiving wet atmospheric sulfate loads of between 17 and 25 kg/ha/yr. This site is one of five existing calibrated watershed areas for the evaluation of the effects of acid precipitation in Eastern Canada. The site is made up of the Laflamme Lake Calibrated Watershed and five nearby LRTAP network lakes: Bonneville, Lagou, Veilleux, Macleod and Josselin.

The average pH of precipitation over the area from 1981 to 1988 is 4.4. The general trend in atmospheric inputs is a gradual increase of acidifying substances (such as SO_4, NO_3, H^+) from 1981 to 1985 followed by a two year decrease then a return to previous levels in 1988 only. The response of surface waters in the Laflamme Lake Watershed Area to the observed loading patterns varied according to the sensitivity of the lakes. In the two lakes with almost no alkalinity and pH values below 5.5, Bonneville and Macleod Lakes, although lake sulfate values declined after 1985, pH and alkalinity values did not seem to recover. In Lagou, Veilleux and Josselin Lakes which have slightly higher pH and alkalinity values, an increase in pH levels was seen between 1985 and 1988 when deposition decreased but alkalinity values remained low. SO_4 concentrations in Lagou and Veilleux Lakes were lower in 1988 than in 1985.



The Laflamme Lake Watershed

Laflamme Lake is more mineralized than the other five lakes and water quality series are more complete making trends clearer. The response to the pattern of atmospheric loading was a significant increase in lake SO_4 concentrations from 1981 to 1985 followed by a decrease, the overall trend for June 1981 to December 1988 being an increase. The increase in SO_4 was accompanied by a slight decrease in alkalinity but no change in pH. Besides a decrease in SO_4 values after 1985, NO_3, H^+ and Ca values also decreased. These last three parameters along with alkalinity show overall net decreases from 1981 to 1988.

Along with the interannual trends, seasonal variability to acidification occurs with sensitivity of surface waters being highest during spring melt. The parameters associated with weathering and buffering have cycles with high levels being reached during the low flow months of winter and low values appearing during the high flows associated with springmelt. Other parameters such as H^+, NO_3, color, K and some heavy metals have quite high values during spring melt. As for SO_4, Cl and Al concentrations, they show little seasonnality in Laflamme Lake water. Sensitivity to acidification can also be altered by watershed processes. Forest canopies and soil horizons are two major components of forest ecosystems interacting and altering the chemistry of precipitation. In the Laflamme Lake watershed, it is the soil (and till) processes that are effective in altering the acidity of precipitation before it reaches the lake.

In this watershed, wet atmospheric inputs of H^+, NO_3 and NH_4 are larger than surface outputs while the reverse occurs for Ca, Mg, Na, K, Cl and SO_4. The flux of H^+ leaving the watershed represents 2% of what enters via precipitation most of wich leaves the watershed during thaws. Outputs of NO_3 represent about 26% of inputs with again most of the outputs occuring in the spring. In the case of Ca, Na, Mg and K inputs represent 7%, 9%, 6% and 12% of outflow. Inputs of Cl and SO_4 ions via dry deposition accounts for part of the difference between wet loading and outflow values.

ATMOSPHERIC WET LOADING (IN) AND OUTFLOW (OUT) in Kg/ha
June 1981 to May 1988

	H	$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NH_4$	Ca	Mg	K	Na	Cl	SO_4	Water(m)
IN	0.50	3.5	2.1	1.2	0.2	0.3	0.6	1.2	20.6	1.30
OUT	0.01	0.9	0.2	16.5	3.5	2.0	6.4	3.3	34.7	0.83

L'ACIDIFICATION ET LES EAUX DE SURFACE AU QUEBEC

Introduction

Le Québec possède de vastes ressources en eau dont la majeure partie se retrouve dans nos lacs, nos rivières et nos terres humides. Ces plans d'eau de surface sont exposés aux précipitations acides sur presque la totalité du Québec méridional et leur acidification aurait des répercussions importantes sur la flore et la faune qui les entourent. Les modèles d'acidification courants nécessitent des données précises concernant la proportion terre-eau à l'intérieur d'un bassin versant. De plus, une évaluation quantitative des ressources en eau de surface en péril dû à l'acidification ne peut se faire que si on possède un inventaire complet de la ressource en question. Afin d'évaluer de façon précise la proportion des eaux de surface qui est susceptible à l'acidification, nous avons procédé à une étude détaillée des plans d'eau de surface dans l'est du Canada. Nous rapportons ici les résultats obtenus pour le Québec méridional.

Méthodologie

L'inventaire détaillé des eaux de surface à l'échelle régionale représente un effort majeur qui peut être séparé en deux étapes. On a fait appel à la télédétection afin d'identifier les plans d'eau et d'en faire la planimétrie. Dans une deuxième étape, chaque plan d'eau a été intégré dans un cadre écologique afin de pouvoir en tirer l'information pertinente. On a informatisé la majorité des opérations de façon à accélérer le processus et à minimiser les erreurs de mesure et de compilation.

Dans la première étape, on a utilisé le capteur Thematic Mapper de Landsat 5 pour identifier les eaux de surface. Afin de couvrir la superficie du Quebec méridional, c'est-à-dire la portion de la province qui se trouve au sud du 52ième parallèle, 56 images en format digital ont dû être analysées. On a procédé à l'analyse digitale de chaque image en utilisant le logiciel Easypace de PCI On a utilisé la signature spectrale de l'eau sur la bande 4 (infra-rouge) comme critère de sélection des plans d'eau. La résolution maximale de 30x30 mètres(0.09 ha) du capteur a permis un inventaire détaillé et complet.

Des logiciels ont été développés afin d'effectuer la planimétrie individuelle de chaque plan d'eau. Dans un premier temps, chaque agglomération de pixels satisfaisant aux critères de sélection est identifiée comme un polygone correspondant à un plan d'eau. On détermine ensuite les coordonnées géographiques du centre barycentrique du polygone, sa superficie et son périmètre. Un fichier de points est ainsi généré pour chacune des images. Le nombre de points dans chacun des fichiers correspond à autant de plans d'eau dont les coordonnées géographiques, la superficie et le périmètre ont été mesurés. Pour le Québec méridional, 56 fichiers de points ont été générés.

Dans une deuxième étape, afin d'en tirer des statistiques utiles, les plans d'eau doivent être reliée à un cadre géographique. Les fichiers de points ont donc été transférés sur un Système d'information géographique (SIG) et superposés sur des cartes numériques correspondants aux bassins versants, les districts écologiques et les limites provinciales. Une fois terminée, des champs supplémentaires sont ajoutés aux fichiers de points, décrivant le district écologique, la province et le bassin versant dans lesquels se trouve chaque plan d'eau. Les fichiers constituent alors une base de données complète décrivant la localisation et la planimétrie des eaux de surface dans le Québec méridional. Les fichiers peuvent alors être transférés sur un micro-ordinateur pour en extraire les statistiques désirées.

Résultats

On a dénombré 434,661 plans d'eau de surface dans le Québec méridional couvrant au total de 6,060,289 hectares. En termes de superficie, 68% de la superficie totale est occupée par des plans d'eau ayant plus de 100 Hectares. Les plans d'eau entre 5 et 100 hectares occupent 26% de la superficie totale et ceux inférieurs à 5 hectares n'occupent que 6% de la superficie totale. Par contraste, le nombre de plans d'eau de plus de 100 hectares ne correspond qu'à 1% du total. Les plans d'eau compris entre 5 et 100 hectares correspondent à 20% du total. Plus de 79% des plans d'eau ont une superficie inférieure à 5 hectares. Il est donc important de noter que, bien qu'ils ne totalisent pas de grandes superficies, les petits plans d'eau sont de loin les plus communs.

Les données du cadre écologique ont permis d'établir de critères de sensibilité à l'acidification des eaux de surface en se basant sur le potentiel des sols et de la roche en place de réduire l'acidité. Plus de 81% des plans d'eau (352,819) sont situés dans des zones dont les sols et la roche en place ont un faible potentiel de réduire l'acidité. Plus de 77% de ces derniers (271,769) ont une superficie inférieure à 5 hectares.

Conclusion

La majeure partie des plans d'eau du Québec méridional sont petits. Bien qu'ils ne correspondent pas à la majorité des ressources totales en eaux de surface, ils constituent des habitats très importants pour la sauvagine et de nombreuses espèces de poissons. Les petits lacs constituent une ressource essentielle pour la pêche sportive et la villégiature . La majorité de ces plans d'eau sont susceptibles à l'acidification. Ils sont aussi exposés à un apport important d'acide d'origine atmosphérique. Une surveillance intégrée étroite et continue (par le truchement des réseaux de surveillance) doit être maintenue tant au niveau de la qualité de l'eau que de l'écosystème terrestre.

Robert Hélie
Environnement Canada

Réponse du Saumon atlantique et de l'Omble de fontaine au choc acide printanier

Alain Kemp et Gordon Walsh
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne, Mont-Joli

Le choc acide printanier a rapidement été soupçonné d'être responsable de l'échec du recrutement chez plusieurs espèces de poisson, notamment les Salmonidae (Gunn & Keller, 84; Kwain & Rose, 85; Gunn, 86). Au Québec, même si ce phénomène est très marqué dans des secteurs où les populations de salmonidae sont répandues, les études examinant ses effets sur la faune aquatiques sont peu nombreuse. Le ministère des Pêches et des Océans a présentement deux projets qui ont pour objectif d'examiner les effets du choc acide: le premier projet porte sur le saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*) et le second sur l'Omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis)*.

Le projet sur le Saumon de l'atlantique s'insère dans le cadre du programme national de biomonitoring du ministère des Pêches et des Océans. Il a pour objectif de mesurer la variabilité spatiale et temporelle de la réponse des tacons en période de smoltification face au choc acide printanier de cinq rivières de la Côte-Nord. Les cinq rivières étudiées sont les rivières de la Trinité, aux Rochers, Moisie, Matamek et Jupitagon. En résumé, le protocole consiste à introduire les poissons dans des cages sous la glace au début avril, soit environ un mois avant le choc acide. Après une période d'acclimatation de deux semaines, une quinzaine de tacons sont échantillonnées et ce, 1 à 2 fois par semaine jusqu'à la mi-juin. La réponse des tacons au choc acide est évaluée à partir d'indicateurs de stress tels le taux d'hématocrite et les concentrations plasmatiques en sodium, chlorure et protéines; l'examen histologique et la mesure de la teneur en aluminium des branchies sont aussi faits.

Les résultats obtenus jusqu'à maintenant indiquent que le choc acide affecte effectivement les poissons comme le démontre l'évolution des indicateurs de stress durant le choc acide. Cependant, la durée et/ou l'intensité du choc acide sont insuffisantes pour causer une mortalité importante dans les cages. En effet, on note une récupération rapide dès que le pH remonte. La rivière Matamek fait toutefois exception, le niveau de stress observé y est plus grand et la récupération plus lente. C'est d'ailleurs la seule rivière où nous avons observé des taux de mortalité important, jusqu'à 40%. L'aluminium semble être l'élément qui explique cette différence. Dans la rivière Matamek, la concentration en aluminium inorganique a varié de 40 à 150 µg/l en 1990, ce qui était de deux à cinq fois plus élevé que dans les autres rivières étudiées. Ces fortes concentrations en aluminium inorganique dans l'eau se reflètent dans les hautes teneurs en aluminium mesurées dans les branchies atteignant jusqu'à 7 fois les teneurs mesurées sur les tacons de la rivière Jupitagon.

Bien que nous ne puissions pas extrapoler directement les résultats de ces bio-essais sur les populations naturelles, il apparait improbable que les conditions actuelles du choc acide printanier dans les rivières de la Côte-Nord puissent causer des mortalités directes significatives chez les tacons de saumon en l'absence de concentration de plus de 40 µg/l en aluminium inorganique. Dans les rivières, comme la rivière Matamek où les conditions semblent plus critiques, des travaux sur la population naturelle de tacon devraient être entrepris avant de conclure que le choc acide affecte la survie à court terme des tacons au printemps. D'autre

part, en fixant le seuil de vulnérabilité à l'acidification à une valeur d'alcalinité pondéré par le débit de 50 μéq·l^{-1}, on a évalué que plus de 80% de l'habitat du saumon de la Côte-Nord est vulnérable (Kemp *et al.*, en prép.). Ceci implique qu'une faible augmentation de la charge acidifiante pourrait impliquer des chocs acides plus importants et que la presque totalité des populations de saumon de la Côte-Nord y seraient soumise.

Le second projet, débuté en septembre 1990, vise à déterminer l'impact potentiel de l'acidité chronique et du choc acide sur le recrutement de l'Omble de fontaine. Bien qu'il soit reconnu que des conditions critiques peuvent survenir en milieu naturel, particulièrement durant le choc acide printanier, il existe très peu d'études sur les effets des dépressions acides sur les populations d'Omble de fontaine (Gunn, 86). L'Omble de fontaine est considéré comme étant le Salmonidae le plus résistant à l'acidité. Des études menées par le Ministère de l'Environnement du Québec indiquent cependant que des problèmes au niveau de l'exploitation des stocks sont plus fréquents dans les lacs acides et que la dynamique de population de l'Omble de fontaine peut être affectée à des pH bien supérieurs au pH létaux (Richard, 86; Tremblay, 91). Il apparait donc que les effets sous-létaux reliés à l'acidité ont un impact à plus ou moins long terme sur la dynamique de population. Un objectif spécifique de ce projet vise à identifier quels sont ces effets sous-létaux et dans la mesure du possible à les quantifier. Pour ce faire nous avons planifié les travaux suivants:

1) Décrire l'effet à court terme (jours) et à long terme (mois) du choc acide printanier sur la condition énergétique et la croissance des larves vésiculées et des alevins à l'aide de différents indicateurs (taille, poids, rapport ARN/ADN, contenu en lipides et protéines) et ceci, au moyen d'expériences en laboratoire et sur le terrain;
2) Comparer la condition énergétique à l'automne des juvéniles de l'année provenant de lacs à différent stade d'acidification.

Une première série d'expérience en bassin a été faite au printemps 1991. Ces expériences consistaient à incuber, dès leur fécondation, des oeufs d'Omble de fontaine à différent pH (7,0, 5,4 et 4,9). Après l'éclosion, on a fait subir un choc acide (pH=4.5 durant 9 jours) à la moitié des larves vésiculées de chacun des groupes. Pour chacun des groupes, des larves témoins et ayant subi le choc acide étaient échantillonnées régulièrement du début du choc acide jusqu'au début de l'alimentation dans le but de comparer la conditions des larves à court et moyen terme en fonction des traitements subis.

L'analyse des larves échantillonnées est présentement en cours. Cependant les très faible taux de mortalité observés durant et après le choc acide confirme que l'Omble de fontaine est une espèce résistante à l'acidité. Seul un examen plus approfondie des indicateurs de condition pourra nous indiquer l'importance des effets sous-létaux.

Gunn, J.M. 1986. Envir. Biol. Fish. 17: 241-252.
Gunn, J.M. & W. Keller. 1984. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41: 319-329.
Kemp, A., D. Hardy, G. Walsh & M. St-Pierre. 1992. Rapp. Tech. Can. Sc. Halieu. Aquat. (en prép.)
Kwain, W. & G.A. Rose. 1985. Trans. Am. Fish. Soc. 114: 564-570.
Richard, Y. 1986. Min. Environnement Québec, Publ. PA-22, Envirodoq No. 850741, 47 pages, 1 annexes.
Tremblay, S. 1991. Min. Environnement Québec, Publ. PA-40, Envirodoq No. 850741, ACIDOC No. 909001, 71 pages.

CONCENTRATIONS D'OZONE EN MILIEU EXTRA-URBAIN AU QUÉBEC EN 1989 ET 1990

ALAIN ROBICHAUD
GHISLAIN JACQUES
Octobre 1991

Ministère de l'Environnement
Direction des Réseaux Atmosphériques

RÉSUMÉ

Le réseau d'échantillonnage REMPAFAQ (réseau de mesures des polluants atmosphériques en milieu forestier et agricole au Québec) collecte des données depuis 1989. Cet article présente les premiers résultats des concentrations d'ozone en milieu extra-urbain au Québec et montre que les niveaux moyens annuels d'ozone sont nettement plus élevés qu'en milieu urbain. De plus, les dépassements de la norme horaire surviennent plusieurs fois par année même à l'extérieur des grands centres urbains. D'autre part, on constate que le coefficient de corrélation entre l'ozone et les NO_x est insignifiant en milieu rural et faible à modérée en milieu urbain. La température maximale est la variable la mieux corrélée avec l'ozone durant le semestre d'été. Finalement, les résultats de l'étude suggèrent que les fluctuations interannuelles d'ozone sont déterminés largement par les fluctuations météorologiques et que les valeurs élevées des concentrations d'ozone se produisent à l'échelle régionale et sont souvent attribuables au transport à longue distance.

SOMMAIRE ET CONCLUSIONS

Les principales conclusions de cette étude sont les suivantes:

- en ce qui à trait aux seuils souhaitables, en termes de concentration moyenne d'ozone sur des bases quotidiennes et annuelles, les objectifs environnementaux souhaitables (2,5 ppcm pour 24 heures et 1,5 ppcm annuellement) apparaissent inadéquats ou à tout le moins inconsistants avec la norme horaire de 8 ppcm;

- des concentrations moyennes horaires d'ozone supérieures à 8 ppcm sont relativement fréquentes au Québec et ce, même en milieu rural. De plus, les niveaux moyens annuels d'ozone sont plus élevés en milieu rural qu'en milieu urbain;

- pour ce qui est de l'ozone, les stations en milieu rural montrent des niveaux et des variations diurnes et mensuelles significativement différente des postes en milieu urbain. Les postes typiques de la banlieue ont un comportement intermédiaire entre ceux des milieux urbain et rural;

- la corrélation entre l'ozone et les NO_x est inexistante en milieu rural et faible à modérée en milieu urbain. La température maximale est la variable la mieux corrélée avec l'ozone pour les mois d'été;

- il existe une forte association entre les moyennes saisonnières, la fréquence de dépassements de la norme provinciale et la classe météorologique. Ceci suggère que les fluctuations interannuelles d'ozone sont déterminées largement par les fluctuations météorologiques;

- les valeurs élevées d'ozone se produisent à l'échelle régionale et sont souvent attribuables au transport à longue distance.

REMERCIEMENTS

Les auteurs désirent souligner le participation technique de M. Jacques Pellerin, de Mesdames Caroline Aubert et Nathalie Dion, ainsi que la contribution, en termes d'expertise, de Messieurs Gérard Blouin et Gilles Bélanger, à la tâche de validation des données. Nous sommes également reconnaissant à Madame Lise Beaulieu pour la préparation de la plupart des figures de cet article. Le réseau REMPAFAQ est géré par le Ministère de l'Environnement du Québec.

milieu rural

Poste	Nom	Moy. annuelle (ppcm)	Max. (1h)	Max. (24h)	Médiane (ppcm)	95 ième percentile (ppcm)	Fréquence des dépassements horaires (%)	Fréquence des dépassements quotidiens (%)
01810	Auclair	*	9	7,1	3,0	5,0	0,05	63,8
01820	Côte Ouimet	*	7	5,8	3,0	4,0	0,0	63,2
02600	Cap Éternité	*	4	3,7	3,0	3,0	0,0	66,9
02610	Pémonca	*	4	3,7	3,0	3,0	0,0	49,1
03712	François	2,8	9	7,1	3,0	5,0	0,10	63,4
03720	N.D. Rosaire	3,0	8	6,7	3,0	5,0	0,0	70,3
03730	Hilaire	*	7	5,7	3,0	5,0	0,0	80,5
04711	Zéphirin	2,6	9	6,5	2,0	5,0	0,11	50,0
04730	Tingwick	*	9	7,1	3,0	5,0	0,033	58,4
04740	Charette	2,6	14	6,9	3,0	5,0	0,34	50,7
05800	Stukeley	*	8	7,3	3,0	5,9	0,0	77,5
06501	Faustin	3,1	10	7,3	3,0	5,0	0,11	72,1
06641	St-Simon	2,4	9	6,6	2,0	5,0	0,013	42,5
06802	Rémi	*	9	6,5	3,0	5,0	0,08	57,1
07400	La Pêche	*	10	7,3	3,0	6,0	0,15	63,3

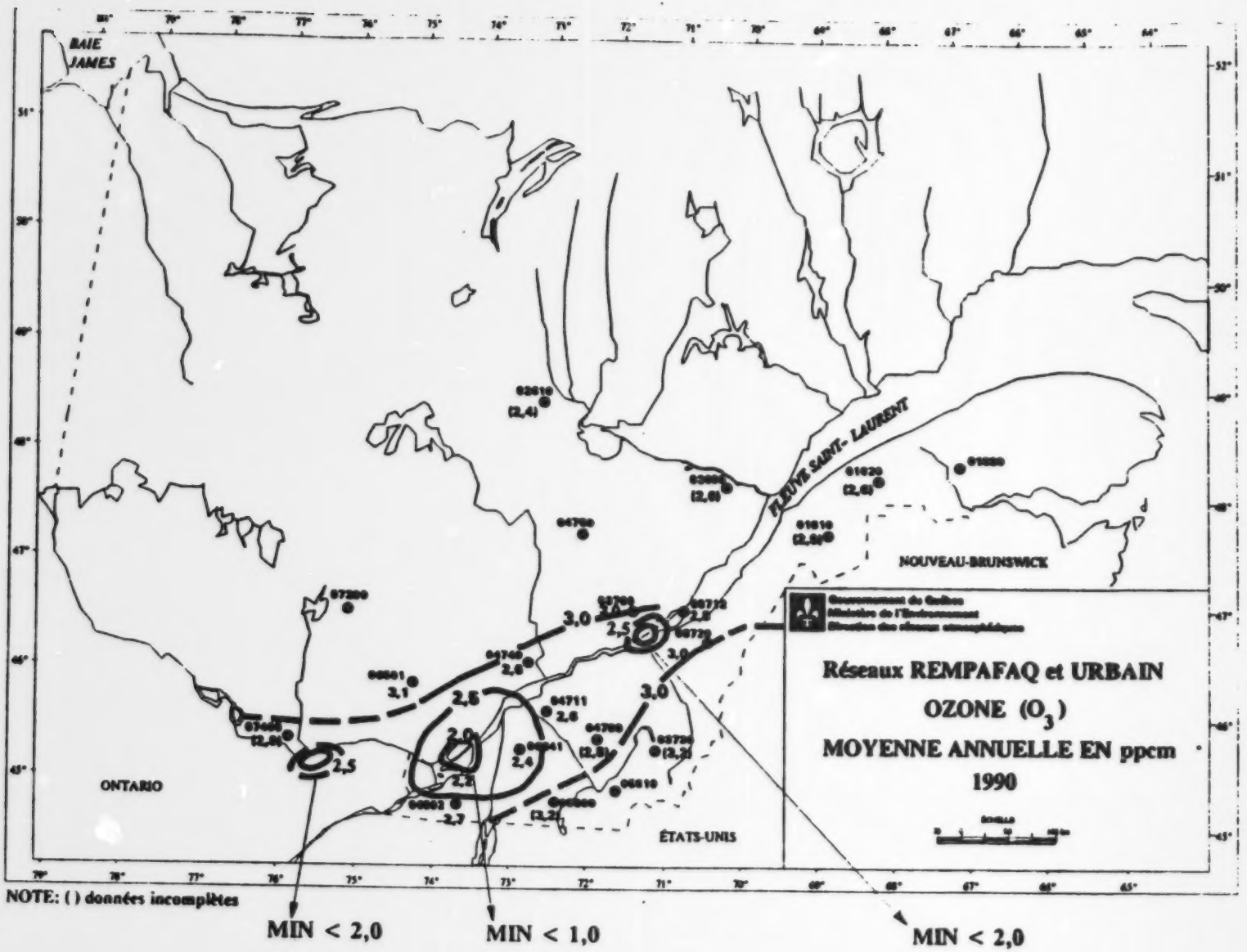
* données insuffisantes pour calculer la moyenne annuelle (i.e moins de 50% des données ou au moins un trimestre manquant)

RÉSEAU URBAIN

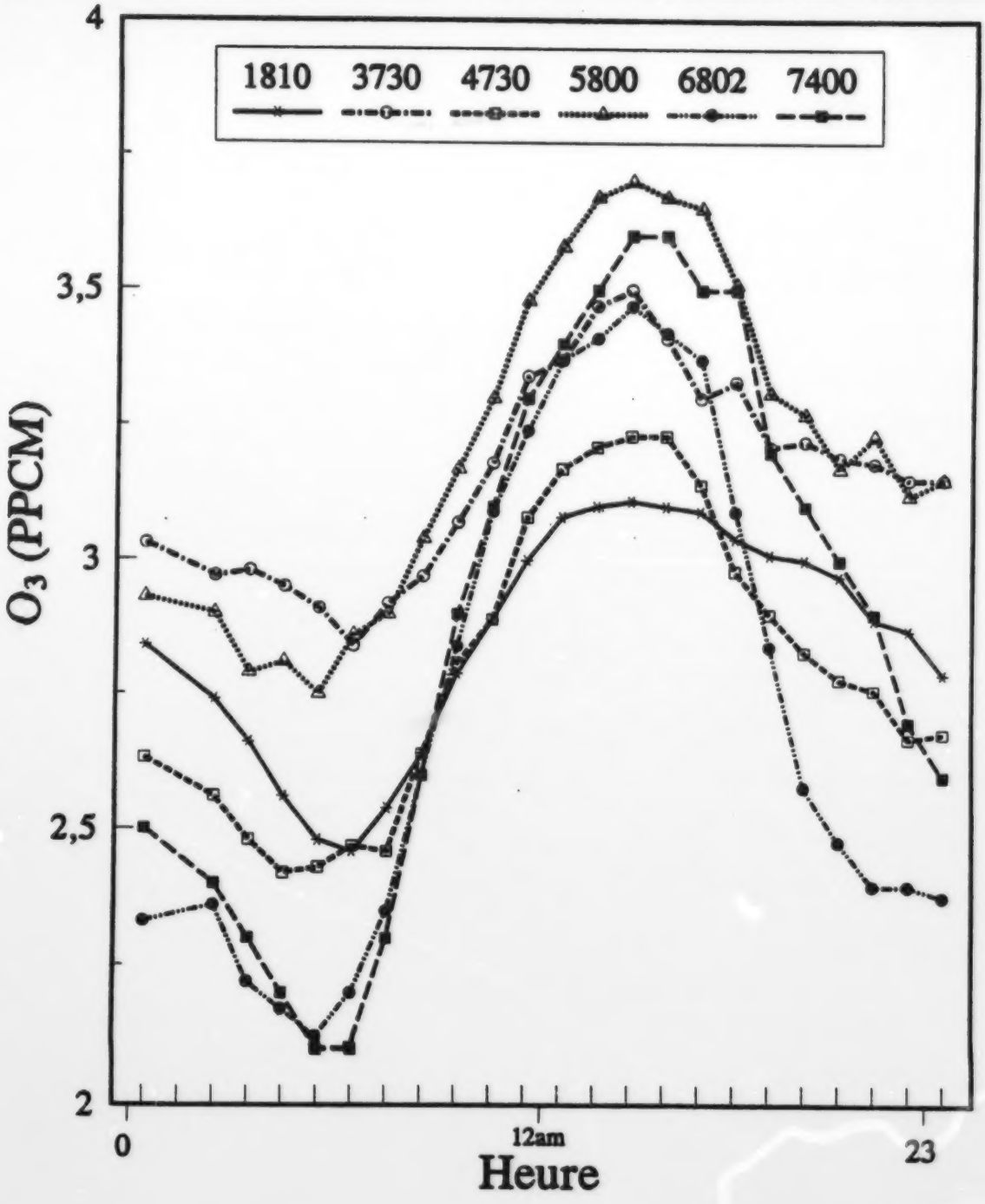
Poste	Nom	Moy. annuelle (ppcm)	Max. (1h)	Max. (24h)	Médiane (ppcm)	95ième percentile (ppcm)	Fréquence des dépassements horaires (%)	Fréquence des dépassements quotidiens (%)
03017	Gomin	2,0	8	6,5	2,0	4,0	0,0	29,9
03056	Cartier-Brébeuf	1,4	7	5,1	1,0	3,0	0,0	7,7
06001	Jardin Botanique	1,2	11	4,8	1,0	4,0	0,004	7,4
06003	St-J.Baptiste	*	7	4,0	1,0	3,0	0,0	2,7
06012	Ontario I	1,4	9	7,0	1,0	4,0	0,013	9,4
06028	Décarie	0,8	6	4,1	1,0	3,0	0,0	1,7
06029	Parc Pilon	1,5	9	6,4	1,0	4,0	0,014	16,0
06049	Lilac	2,2	9	7,3	2,0	5,0	0,014	37,4
06060	Sunnydale	*	9	7,3	1,0	4,0	0,27	16,3
06061	Peel	0,6	6	4,5	0,0	2,0	0,0	1,7
06068	St-Joseph	*	8	6,5	1,0	4,0	0,0	11,7
06201	Pont-Viau	1,8	15	7,4	2,0	5,0	0,15	21,3
06205	Chomedey	1,8	9	7,0	2,0	5,0	0,026	21,7
06600	Bourassa	1,6	9	6,9	1,0	4,0	0,012	16,6
07001	Hull	*	9	5,9	2,0	5,0	0,05	24,6

* données insuffisantes pour calculer la moyenne annuelle (i.e moins de 50 % des données ou au moins un trimestre manquant)

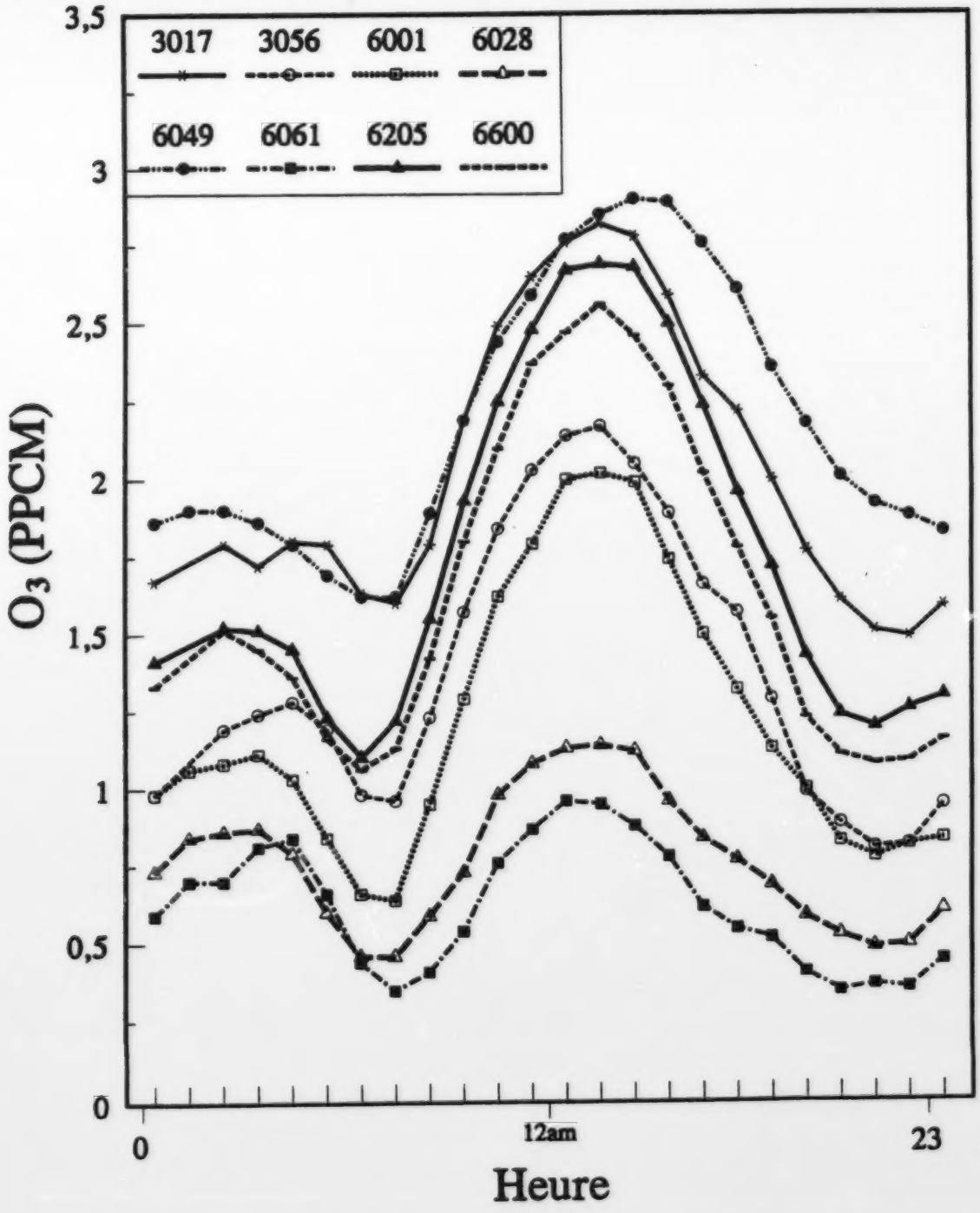
TABLEAU 2B


BAIE JAMES
FLEUVE SAINT-LAURENT
NOUVEAU-BRUNSWICK
ONTARIO
ÉTATS-UNIS
Réseaux REMPAFAQ et URBAIN
OZONE (O_3)
MOYENNE ANNUELLE EN ppcm
1990
NOTE: ( ) données incomplètes
MIN < 2,0
MIN < 1,0
MIN < 2,0

RÉSEAU REMPAFAQ
ANNÉE 1990
VARIATION DIURNE DES CONCENTRATIONS HORAIRES



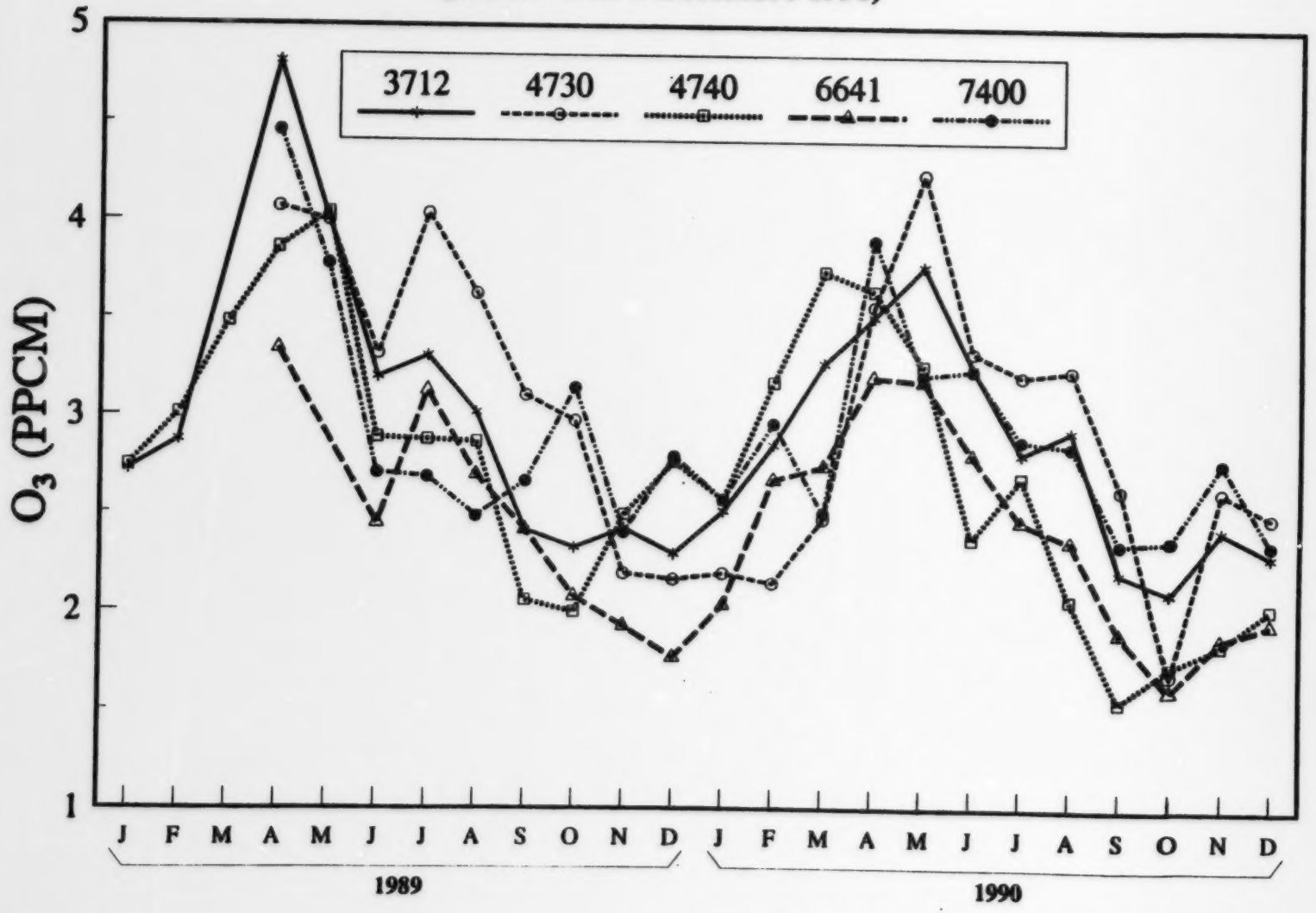
RÉSEAU URBAIN
ANNÉE 1990
VARIATION DIURNE DES CONCENTRATIONS HORAIRES



RÉSEAU REMPAFAQ

VARIATION MENSUELLE DES CONCENTRATIONS MOYENNES D'OZONE

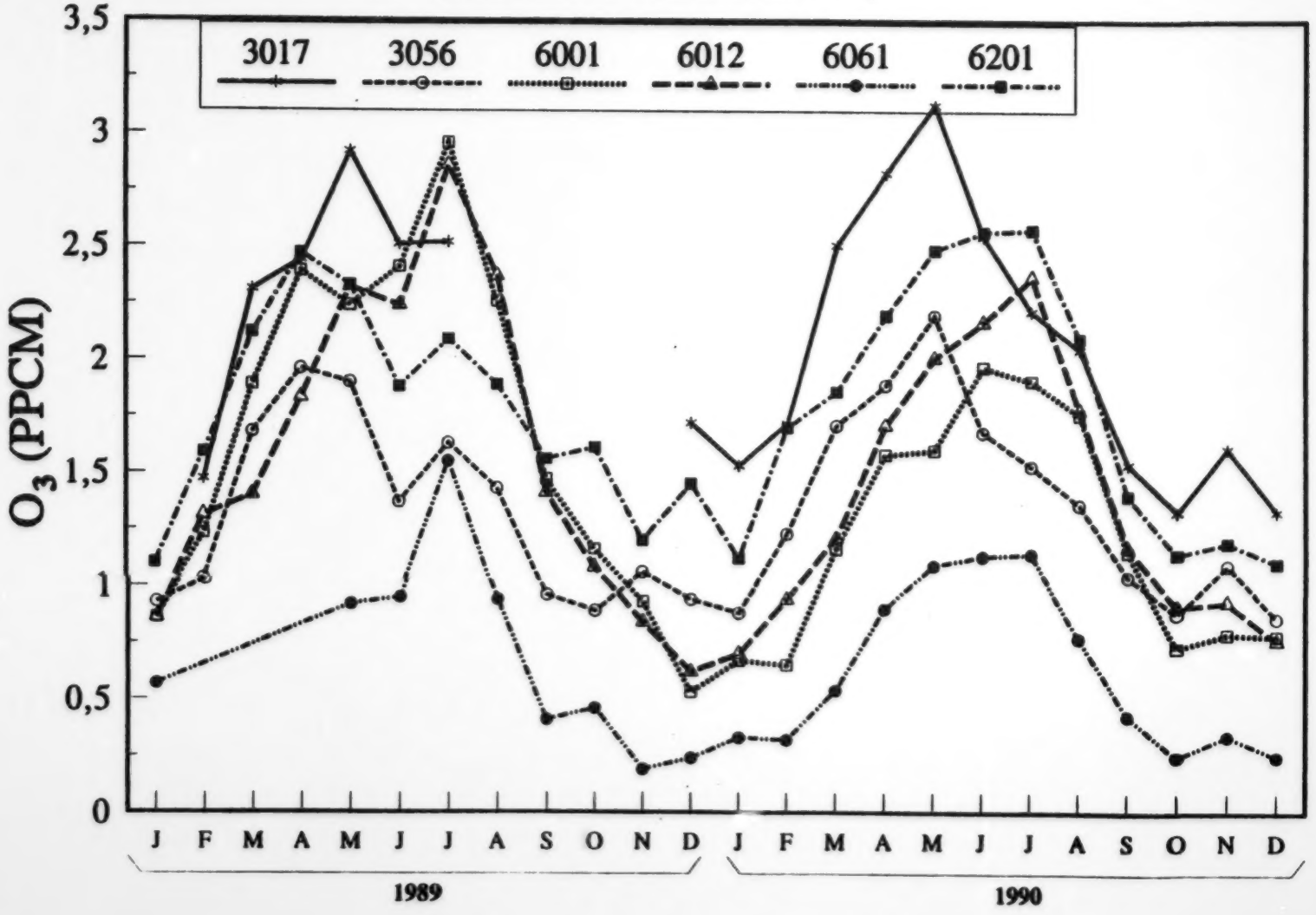
(Janvier 1989 à Décembre 1990)



RÉSEAU URBAIN

VARIATION MENSUELLE DES CONCENTRATIONS MOYENNES D'OZONE

(Janvier 1989 à Décembre 1990)



	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Moyenne pondérée, en ppcm (8h00-19h59)	3,05	3,69	3,80	2,99	3,09	2,41	2,60	2,90	2,32
Nombre de dépassements	8	85	99	11	66	4	0	8	0
Fréquence des dépassements (%)	0,7	8,2	10,9	2,5	9,2	0,5	0,0	0,5	0,0
Fréquence d'occurence de la classe (%)	14,2	12,0	10,6	5,0	8,4	8,9	8,4	17,5	15,0

TYPES DE CLASSES MÉTÉOROLOGIQUES:

0. Cas non-classifiés
I. Arrière d'une zone de haute pression situé sur la côte est des É.U.
II. Cas de stagnation avec températures élevées.
III. Secteur chaud d'une basse pression.
IV. Passage d'un front froid.
V. Arrière d'un front froid (vents du nord-ouest).
VI. Avant d'une zone de haute pression (vents du nord-ouest).
VII. Crête de haute pression.
VIII. Centre de basse pression avec précipitation.

Sommaire des concentrations moyennes, du nombre et de la fréquence des dépassements pour les stations du réseau REMPAFAQ et du milieu urbain (1989 et 1990) en termes de types de situations météorologiques.

(semestre d'été)

Poste	TYUL	TMYUL	* YUL	TYQB	TMYQB	* YQB	NO_2	NO	R
01810	-	-	-	0,38	0,46	*	-	-	-
01820	-	-	-	0,42	0,42	*	-	-	-
03017	-	-	-	0,49	0,61	0,30	-	-	-
03056	-	-	-	0,49	0,60	0,31	*	-0.49	0.54
03712	-	-	-	0,50	0,57	*	-	-	-
03720	-	-	-	0,26	0,42	*	-	-	-
03730	0,60	0,52	*	0,60	0,59	*	-	-	-
04711	0,45	0,55	0,24	0,48	0,57	0,21	-	-	-
04730	0,49	0,52	*	0,47	0,53	*	0.39	*	*
04740	0,53	0,61	0,33	0,58	0,63	0,34	-	-	-
05800	0,37	0,39	*	-	-	-	-	-	-
06001	0,52	0,66	0,33	-	-	-	0.46	*	0.69
06003	0,36	0,51	0,37	-	-	-	*	-0.32	0.32
06012	0,56	0,65	0,40	-	-	-	*	-0.60	0.61
06028	0,48	0,62	0,36	-	-	-	*	-0.60	0.53
06029	0,60	0,70	0,36	-	-	-	-	-	-
06049	0,57	0,68	0,32	-	-	-	-	-	-
06060	0,62	0,71	0,50	-	-	-	*	-0.36	*
06061	0,54	0,62	0,25	-	-	-	0.52	-0.75	0.49
06068	0,64	0,74	0,33	-	-	-	0.76	-0.39	*
06201	0,61	0,71	0,37	-	-	-	*	-0.56	*
06205	0,57	0,73	0,58	-	-	-	*	-0.44	0.63
06501	0,42	0,47	0,11	-	-	-	-	-	-
06600	0,60	0,72	0,45	-	-	-	*	-0.45	0.35
06641	0,51	0,61	0,30	-	-	-	*	*	*
06802	0,52	0,64	0,26	-	-	-	-	-	-
07001	0,53	0,61	0,21	-	-	-	-	-	-
07400	0,42	0,51	0,22	-	-	-	*	*	*

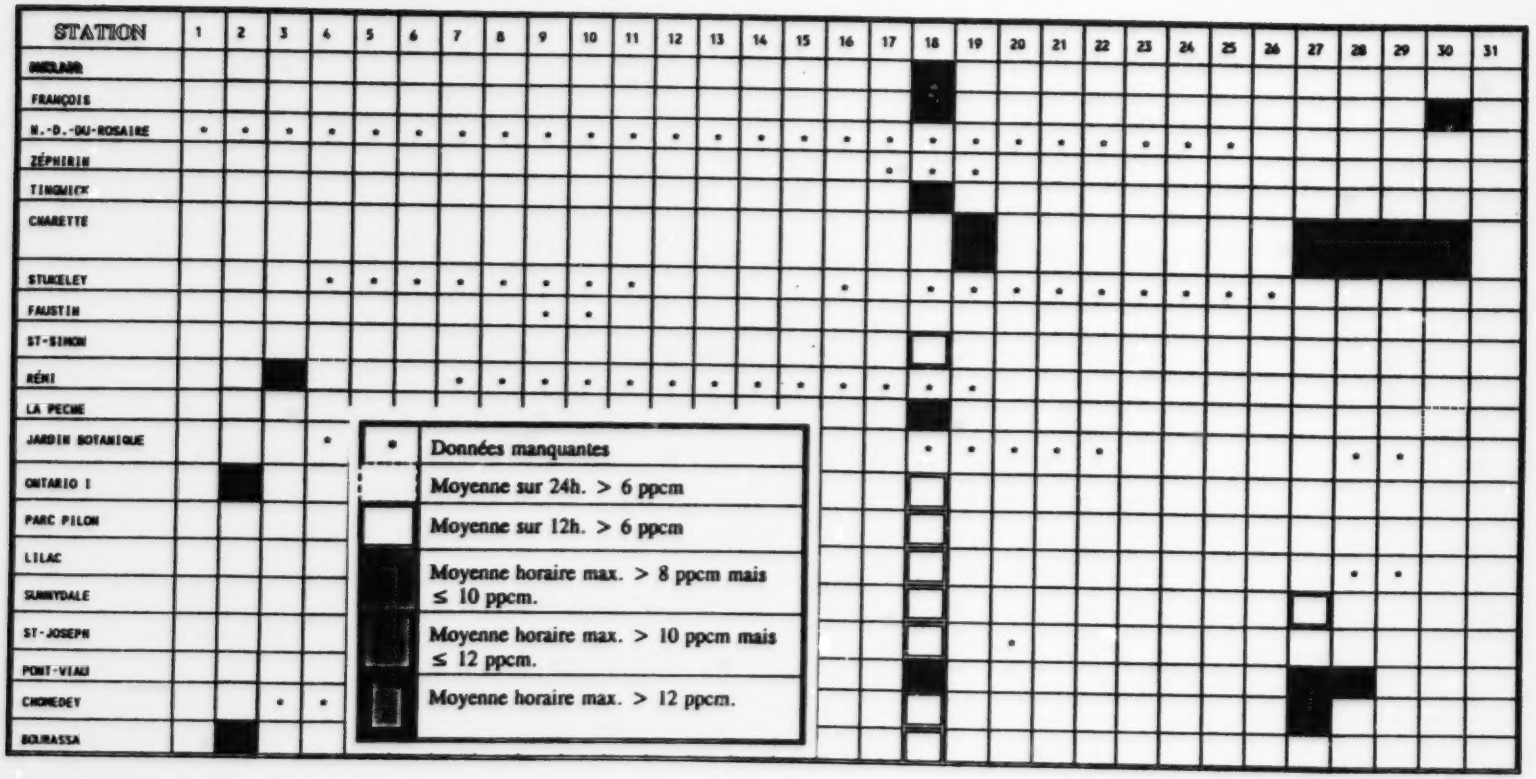
1990

COEFFICIENTS DE CORRÉLATION ENTRE LA MOYENNE JOURNALIÈRE (8H-17H59) ET LES VARIABLES SUIVANTES;

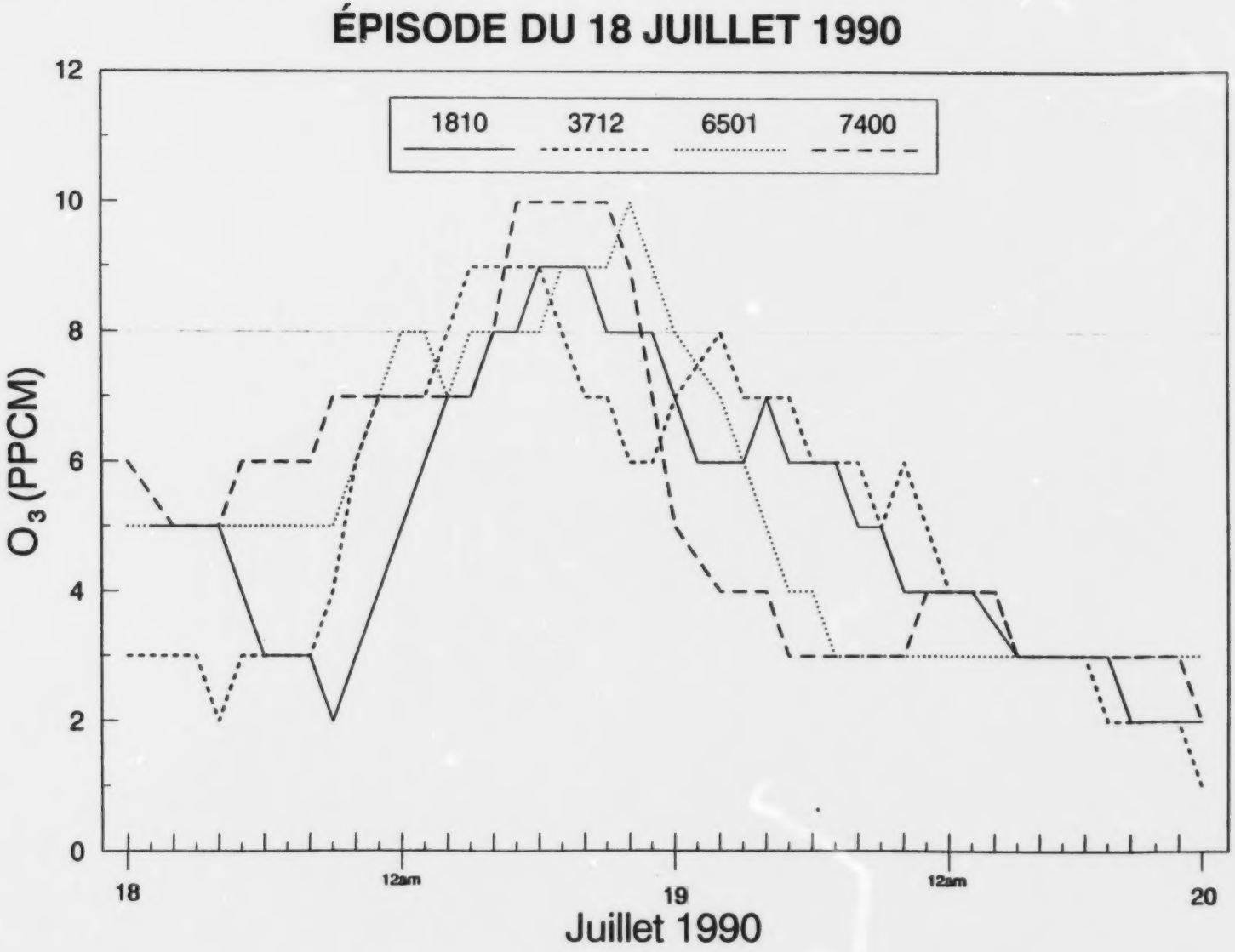
TYUL: température moyenne journalière à l'aéroport de Dorval
TMYUL: température maximale journalière à l'aéroport de Dorval
* YUL: nombre d'heures d'ensoleillement à Dorval
TYQB: température moyenne journalière à l'aéroport de Québec
TMYQB: température maximale journalière à l'aéroport de Québec
* YQB: nombre d'heures d'ensoleillement journalier à l'aéroport de Québec
NO_2: concentration moyenne journalière (8H-17H59) de dioxyde d'azote
NO: concentration moyenne journalière (8H-17H59) de monoxyde d'azote
R: rapport des concentrations de dioxyde et de monoxyde d'azote

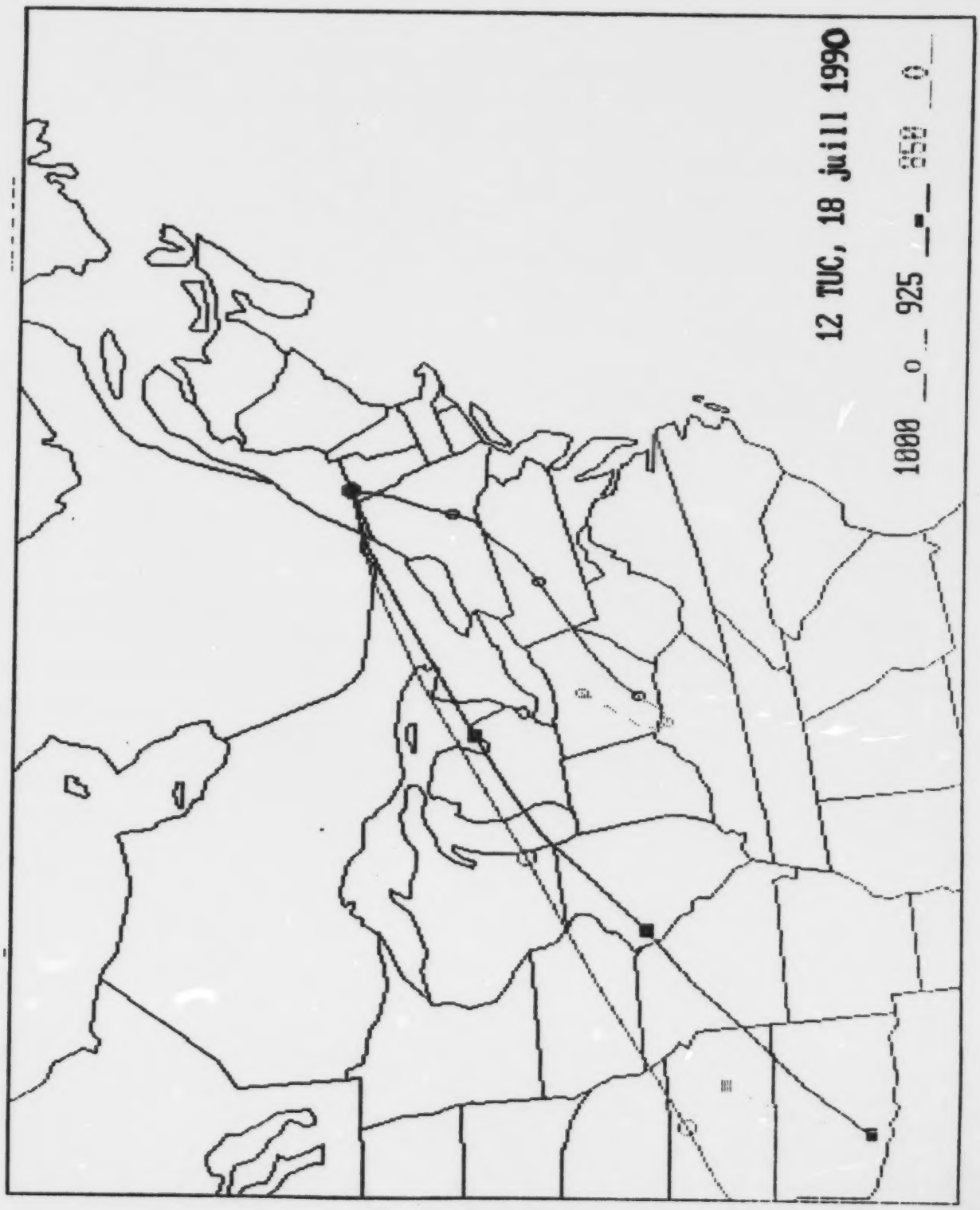
Note: * corrélation non-significative

EPISODE DE POLLUTION PAR L'OZONE (1990)



JUILLET 1990


ÉPISODE DU 18 JUILLET 1990
1810
3712
6501
7400
12
10
8
6
4
2
0
O_3 (PPCM)
18
12am
19
12am
20
Juillet 1990


12 TUC, 18 juill 1990
1000 _o_ 925 _-_ 850 _o_

BILAN DE LA QUALITÉ DES PRÉCIPITATIONS RECUES A MONTRÉAL DE MARS 1990 À SEPTEMBRE 1991

Alain Leduc et Linda Charest, Ville de Montréal
Claude E. Delisle, École Polytechnique

Depuis le 12 mars 1990, un collecteur automatique de précipitations a été installé sur le toit de l'École Polytechnique de Montréal. La Ville de Montréal a confié à l'École Polytechnique l'opération du collecteur et une partie des analyses chimiques des échantillons recueillis. Entre le 12 mars 1990 et le 26 septembre 1991, 140 précipitations ont été échantillonnées, comprenant 108 averses de pluie, 22 averses de neige et 10 averses de pluie et de neige mélangées.

Le pH moyen de toutes les précipitations reçues à Montréal est de 4,12, soit 30 fois plus acide qu'une précipitation normale. Le plus faible pH mesuré a été de 3,5 (125 fois plus acide). Le plus haut pH mesuré a été de 6,8 (5 fois moins acide). 92 % des précipitations étaient plus acides qu'une précipitation normale. 20 % des précipitations acides étaient 50 fois plus acides qu'une précipitation normale. 3 % des précipitations acides étaient 100 fois plus acides qu'une précipitation normale.

Les vents dominants proviennent en majorité (68%) du sud, sud-ouest ou de l'ouest et ont amené des précipitations avec un pH moyen de 4,06, soit 35 fois plus acide qu'une précipitation normale. Les vents du nord-ouest (14%) ont amené des précipitations avec un pH moyen de 4,12, soit 30 fois plus acide qu'une précipitation normale. Les vents du nord-est et du sud-est (18%) ont amené des précipitations avec un pH moyen de 4,39, soit 16 fois plus acide.

Parmi les autres paramètres de suivi de la qualité des précipitations, on retrouve les SO_4, les NO_x et la conductivité. Les moyennes mensuelles ont varié entre:

- 1,24 mg/l et 8,66 mg/l pour les SO_4;
- 0,33 mg/l et 6,63 mg/l pour les NO_x;
- 21,38 et 80,06 micromhos pour la conductivité.

En général, les moyennes mensuelles des pH quotidiens de la station montréalaise sont moins acides que celles de la station de Sutton dans les Cantons de l'est et plus acides que celles de la station de la forêt Montmorency.

LA CONTRIBUTION DE L'OZONE STRATOSPHÉRIQUE AUX ÉPISODES DE SMOG AU QUÉBEC: UNE ÉVALUATION DU BÉRYLLIUM-7 COMME TRACEUR

Jean Tremblay et René Servranckx
Services Scientifiques
Service de l'environnement atmosphérique
Environnement Canada
Région du Québec

Le Béryllium-7 est un isotope radioactif naturel qui est formé dans la haute atmosphère (principalement la stratosphère) suite à l'interaction des particules solaires avec l'azote ou l'oxygène moléculaire. Cet isotope dont le temps de demi-vie est de 53,3 jours se retrouve dans toute la colonne d'air à des concentrations variant avec l'altitude et la latitude.

Les variations en concentrations de Béryllium-7 sont influencées par quatre facteurs principaux: 1- Les échanges entre la stratosphère et la troposphère, 2- le mélange vertical de l'air contenu à l'intérieur de la troposphère, 3- les saisons et 4- les précipitations.

Les échanges entre les couches atmosphériques et l'intensité des échanges troposphériques verticaux sont particulièrement importants aux latitudes moyennes. Montréal, qui est située à une latitude légèrement plus élevée que 45 degrés, présente une activité annuelle moyenne en Béryllium-7 de l'ordre de 3,0 mBq/m^3.

On note d'importants échanges verticaux principalement lors du passage de puissants systèmes frontaux. Des intrusions d'ozone et de Béryllium-7 stratosphériques sont alors observées dans la troposphère via un phénomène connu sous le nom de **Repliement de la Tropopause**. Par contre des mélanges entre la stratosphère et la troposphère ont également lieu lors d'orages particulièrement violents. C'est ce qui s'est produit les 27 et 28 juin 1991, lorsque d'importants orages ont touché le sud-ouest de la province. Des activités de l'ordre de 5,6 et 6,5 mBq/m3 respectivement ont alors été enregistrées. Au cours de ces deux journées, la ville de Montréal a connu un des plus importants épisodes d'ozone de l'été 1991.

Il est probable, compte tenu de l'augmentation soudaine en Béryllium-7, qu'une partie de l'ozone alors détectée à Montréal ait été d'origine stratosphérique.

LE NITRATE DE PEROXYACÉTYLE (PAN), UNE COMPOSANTE IMPORTANTE DU SMOG

Jean Tremblay
Services scientifiques
Service de l'environnement atmosphérique
Environnement Canada
Région du Québec

Le Nitrate de Peroxyacétyle (PAN) est un photo-oxydant que l'on retrouve dans l'air pollué partout dans le monde. Il est formé lors de l'oxydation photochimique de certains hydrocarbures en présence de NO_2. Cette substance attire l'attention des chercheurs pour deux raisons principales: 1- Sa toxicité et 2- Son rôle important comme réservoir de NO_2 pouvant mener à la production d'ozone au niveau du sol.

Partie intégrante du smog urbain, le PAN a été identifié comme phyto-toxique, mutagène et lacrymogène, en plus d'être responsable de certains troubles respiratoires. Sa détection soulève donc toute la question de santé environnementale.

Pour la première fois au Québec, des mesures de PAN en continu ont été obtenues au cours de l'été 1991. Les résultats, compilés sur une période de 20 jours, démontrent que Montréal, tout comme les autres grandes villes du monde, présente, à l'occasion, des concentrations en PAN de l'ordre de quelques parties par milliard par volume (ppbv).

Les mesures de PAN ont été jumelées à d'autres paramètres de nature météorologique et chimique. Deux buts étaient alors poursuivis: 1- En arriver à une meilleure compréhension des processus de formation du PAN et 2- Tenter de déterminer quelle proportion du PAN détecté à Montréal est d'origine locale comparativement à la portion pouvant provenir de sources situées à de grandes distances.

Les résultats démontrent que le PAN n'est pas soumis à des cycles diurnes marqués tels que ceux observés fréquemment pour l'ozone. Il apparaît que ce que la photochimie accomplit à grande vitesse le jour est contrecarré par la dissociation du PAN en ses composantes lorsque la température ambiante est élevée. Alors qu'au cours de la nuit, même si la chimie est très au ralenti, les basses températures favorisent la recombinaison des composantes du PAN.

De plus, de bonnes corrélations ont été identifiées entre le PAN, l'ozone et la température ambiante.

NIVEAU D'ACIDITÉ DES PRÉCIPITATIONS À DEUX STATIONS DU RCEPA: SUTTON ET FORÊT MONTMORENCY

Gilles Morneau
Services scientifiques
Service de l'environnement atmosphérique
Environnement Canada
Région du Québec

Depuis l'automne 1984, le Service de l'environnement atmosphérique - Région du Québec est responsable d'émettre un bulletin hebdomadaire relatant les taux d'acidité des précipitations recueillies à six stations du RCEPA (Réseau Canadien d'Échantillonnage des Précipitations Acides et de l'Air) de l'est du Canada en temps quasi-réel. Ce bulletin indique par ailleurs, pour chaque évènement de précipitation, la provenance de la masse d'air dans laquelle celle-ci s'est développée.

Les mesures de pH effectuées pour le bulletin hebdomadaire sont faites à chacune des stations le lendemain même de l'évènement de précipitation à l'aide d'un pH-mètre à électrode. Le SEA-Région du Québec possède une banque de donnée unique contenant non seulement le niveau d'acidité et la quantité de précipitations mais aussi la provenance de la masse d'air.

Deux stations du RCEPA parmi les six traitées dans le bulletin sont situées au Québec et retiendront notre attention pour cette présentation. Il s'agit de Sutton en Estrie et de la Forêt Montmorency près de Québec.

En utilisant les sept années de données du bulletin des précipitations acides (de 1985 à 1991), les moyennes annuelles et saisonnières du pH des précipitations des deux stations seront analysées. On présentera aussi un exemple du bulletin émis de façon hebdomadaire par la région du Québec. Enfin, les rétro-trajectoires des masses d'air, utilisées pour déterminer la provenance des précipitations, seront présentées sous forme de cartes telles que fournies par le modèle mathématique du Centre Météorologique Canadien.

Caractérisation par spectrométrie de masse des aérosols atmosphériques recueillis à la station forestière de Duchesnay à l'aide d'impacteurs à basse pression en juillet et août 1990.

Marcel Baril[1], Norbert Klaus[2], Richard Leduc[3]

1-Département de physique, Université Laval
Ste-Foy,(Québec) Canada G1K 7P4

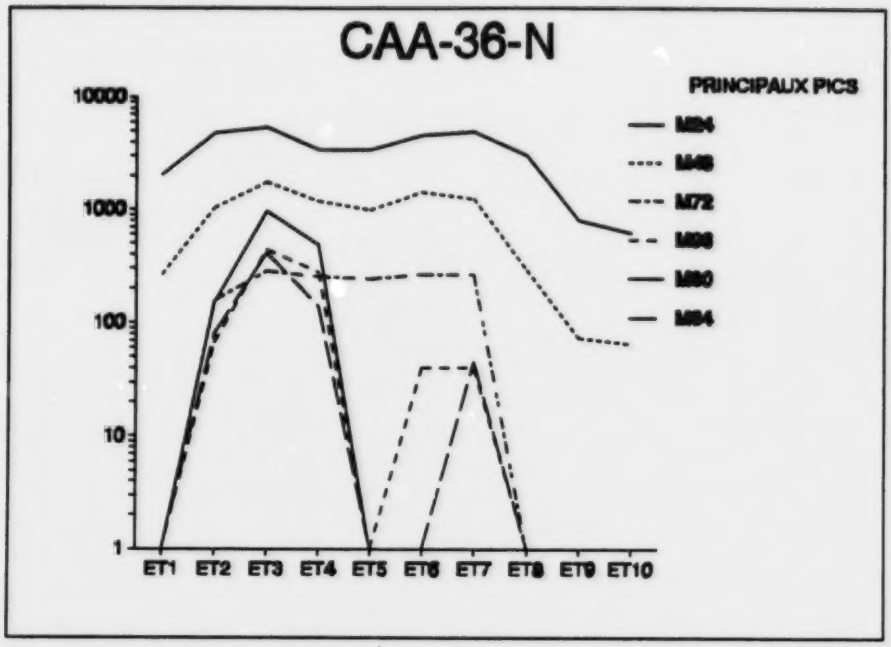
2-Institut de Physique Experimentale
Université de Vienne, 1090 Vienne, Autriche

3-Direction de la Qualité de l'air
Ministère de l'Environnement du Québec
Ste-Foy, (Québec) Canada.

L'étude des aérosols atmosphériques démarrée à l'été 1989 à Duchesnay [1] s'est poursuivie en 1990 durant cinq semaines pendant les mois de juillet et août. Nous avons retenu cinq situations susceptibles de mettre en évidence la pollution transfrontalière.

Nous présentons pour chacune de ces situations les rétrotrajectoires de la masse d'air étudiée. Un histogramme de la répartition gravimétrique des échantillons d'aérosols collectés sur chacun des dix étages des impacteurs à basse pression, est aussi montré. Il est important de signaler la grande fourchette des diamètres aérodynamiques équivalents moyens couverts qui sont respectivement: 0.025, 0.05, 0.08, 0.15, 0.30, 0.70, 1.5, 3.0, 6.0 et 10 microns. Comme les spectres de masse, tant positifs que négatifs contiennent cent pics, allant de la masse 13 à 112, il est apparu plus judicieux de comparer un nombre limité de pics correspondant à des masses significatives en terme de pollution.
Les pics positifs retenus sont les suivants: 18 (H_2O ou NH_4), 23 (Na), 29 (C_2H_5), 39 (K), 56 (CaO). Les pics négatifs retenus sont: 17 (OH), 19 (F), 26 (C_2H), 35 (Cl), 36 (C_3), 64 (SO_2), 80 (SO_3). Dans un deuxième temps nous avons aussi ajouté les pics: 24 (C_2), 48 (C_4 ou SO), 72 (C_6), et 96 (C_8 ou SO_4).

[1] AEROSOLS CARACTERIZATION IN A FORESTED SITE IN QUEBEC, CANADA accepté le 29 avril 1991 pour publication dans The Science of the Total Environment.



SITUATION DU 15 JUILLET 1990

Pour la situation du 15 juillet 1990, la présence d'aérosols sulfatés peut facilement être mise en évidence en comparant sur des échelles logarithmiques l'allure des intensités des pics pour chacun des dix étages pour les pics des spectres négatifs des masses 24, 48, 64, 80 et 96. Une similitude entre les courbes représentant les masses 64, 80 et 96 indique alors la présence de composés sulfatés. La présence d'aérosols sulfatés est surtout constatée aux étages 2 à 5 puis éventuellement selon un second mode centré l'étage 7.

Quatre autres situations ont été étudiées. Elles ont eu lieu les 18 juillet, 3, 15 et 19 août 1990.

Nous tenons à remercier particulièrement le personnel du Centre Forestier de Duchesnay pour sa collaboration qui a grandement facilité notre travail.

Mesure in situ par chromatographie des hydrocarbures biogéniques précurseurs des oxydants photochimiques à la station forestière de Duchesnay en août 1991

Bruno Clément[1-2], Valérie Simon[2] et Marcel Baril[1]
[1] Département de physique, Université Laval
Sainte-Foy, (Québec) G1K 7P4
[2] Ecole Nationale Supérieure de chimie
de Toulouse (France)

Résultats actuels

Cette recherche avait pour but de déterminer les valeurs d'émissions des principaux monoterpènes en fonction du temps dans une érablière. Le résultats obtenus montrent les variations journalières de ces émissions, ce qui n'avaient pas encore été faits sur le terrain sur des temps aussi longs (9 jours). On peut voir la régularité des émissions en rapport avec les profils de températures. On peut y voir aussi que bien que plusieurs terpènes soient émis, ils ne le sont pas dans les mêmes rapports. L'efficacité de la technique d'analyse a pu être éprouvée de par l'utilisation en continu du matériel durant toute la campagne. Aucune anomalie de fonctionnement n'a été observée. La comparaison de la réponse du FID pour les monoterpènes étudiés avec les courbes d'étalonnage montre que le système est fiable et ne connaît pas de dérives dans le temps. La technique des sacs montre avec précision le type de terpènes émis, cependant comme on peut le voir en comparant les courbes de concentrations à celles des taux d'émissions que l'on ne peut pas lier la source en monoterpènes et les concentrations observées. En effet, la nuit en absence d'émissions, il reste tout de même des concentrations de l'ordre de 50 pptV pour l'α-pinène par exemple. Par contre, on observe bien une étroite relation entre le profil des températures et celui des émissions, ce qui confirme les résultats déjà observés par d'autres auteurs. Mais aucun lien par une relation empirique liant la température et le taux d'émissions uniquement n'a pu être trouvé. Nous trouvons à 23°C une émission de 120 ngC/g.h alors que la relation empirique de Lamb et al. (1987) nous donne un résultat de 330 ngC/g.h.. Il est donc nécessaire d'avoir un plus grand nombre de mesures si l'on tient à déterminer les valeurs des coefficients a et b avec le plus de justesse possible pour cette forêt. L'ensemble des objectifs du projet ont donc été atteint.

Perspectives

Une exploitation plus approfondie de ces données, nécessiterait lors des prochaines campagnes de mesures que d'autres équipes soient capables

de mesurer des composés comme le PAN, des acides organiques, des aldéhydes ou encore des radicaux °OH sur le terrain. En effet la connaissance de tous ces paramètres permettrait de mieux cerner les voies réactionnelles empruntées par tous ces composés dans l'atmosphère car en l'état des choses il ne semble pas possible de lier directement les concentrations observées aux valeurs d'émissions. La connaissance des émissions de l'ensemble des réactifs permettrait une intégration dans les modèles mathématiques établit par les physico-chimistes de l'atmosphère, ce travail pourrait très bien être initié l'année prochaine avec le concours d'autres équipes. De notre côté, un élargissement des composés à détecter et à doser est envisagé notamment en mesurant la présence d'alcanes, de benzène ou d'autres composés volatils.

Remerciements
Les auteurs tiennent à remercier le professeur Liberto Torres de l'Ecole Nationale Supérieure de chimie de Toulouse, qui a bien voulu prêter ses équipements, afin de nous permettre de prendre les mesures présentées dans ce travail.

Exemple d'utilisation de la technique spot pour l'identification individuelle des aérosols sulfatés collectés dans l'atmosphère urbain de Ste-Foy sur des plaquettes microlithographiées à l'aide d'impacteurs à basse pression

Bruno Clément[1-2] et Marcel Baril[1]

[1] Département de physique, Université Laval
Sainte-Foy, (Québec) G1K 7P4

[2] Ecole Nationale Supérieure de chimie
de Toulouse (France)

Ce projet visait à tester la méthode "spot" ainsi que son applicabilité pour des études sur le terrain. Nous avons montré que cette technique pouvait être maîtrisée assez rapidement mais que sa mise en oeuvre demandait la réunion d'un certain nombre d'appareillages qu'il n'est pas toujours aisé de se procurer (notamment un système de dépôt sous vide et un microscope à balayage électronique disponible sur de grandes périodes de temps). La technique "spot" tel que supposée au départ du projet et les prélèvements réalisés en air ambiant ont montré que cette technique pouvait être employée afin de répondre aux questions posées, à savoir, déterminer la présence d'aérosols sulfatés et connaître leurs compositions.

La méthode a montré ses capacités mais aussi ses limites. Les observations au microscope électronique à balayage sont très fastidieuses. La densité des particules varie suivant les étages entre 200 et 15000 particules/mm^2, et pour une étude statistique, il est nécessaire de pouvoir dénombrer plusieurs centaines de particules pour chaque étage. Pour des particules inférieures à 0,1 µm, il devient très difficile de distinguer l'aérosol de la couche de $BaCl_2$. Néanmoins, cette technique apporte des renseignements précieux quant à la distribution des aérosols sulfatés par tranche de tailles. Sensible, elle ne nécessite que peu de minutes d'échantillonnage ce qui permet une étude fine des variations de chaque type d'aérosols en fonction de la journée, par exemple.

Les résultats permettent de répondre à la question qui était de savoir à partir de quel diamètre de filtration peut-on employer la méthode des filtres. Avec un maillage capable de retenir des particules de 0,25 µm, il serait possible de piéger de 90 à 98% des aérosols sulfatés. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Conner et al. (1991) qui montrent la présence de pourcentage important d'aérosols sulfatés dans les tranches granulométriques inférieures à 0,5 µm.

Pour une poursuite éventuelle de ces travaux et si l'on cherche à dégager toute l'efficacité de la méthode "spot", il nous semble nécessaire de mettre au point un système d'analyse d'images performant. Il faudrait que cet analyseur d'images soit capable de bien différencier l'aérosol du support et de la couche de $BaCl_2$ même partiellement recristallisée. De plus, ce système d'analyse d'images doit pouvoir s'adapter, soit sur un microscope photonique très performant capable de discerner des halos de 0,5 µm (particules initiales de 0,1 à 0,25 µm), soit sur un appareil à rayon laser tel que l'on commence à en trouver dans le commerce (Brinkman Instruments Inc., par exemple). Le coût d'exploitation devrait ainsi être beaucoup plus faible. Le stockage des vues pourrait ainsi se faire sur disque dur ou sur disques optiques. De plus, un développement plus large de la technique pourrait être fait (analyse des sulfates, des nitrates, des hétérocycles...) moyennant l'utilisation de réactif adéquat et sélectif.

Le maintien d'une humidité relative est critique. Un appareillage perfectionné capable de maintenir une humidité réglable entre 30 et 80%, soit thermorégulé, soit capable d'adapter son humidité relative en fonction de la température extérieure, est essentiel.

Nous pensons que cette technique, pour qu'elle puisse donner des résultats vraiment profitables, devrait être complémentaire des techniques qui permettent de déterminer les masses de sulfates en présence. Enfin, en dernière précaution, il faut veiller à ce que les temps de prélèvement ne soit pas trop long, (15 min en milieu suburbain). L'emploi d'un néphélomètre qui permet de mesurer la diffusion de la lumière pourrait donner une bonne indication sur la qualité de l'atmosphère servant à l'échantillonnage. Ainsi après une calibration de l'appareil, on pourrait relier la diffusion de la lumière dans l'atmosphère, dépendant entre autre de la quantité d'aérosols présents, avec le temps de prélèvement nécessaire pour obtenir un nombre optimal d'aérosols pour une observation sous microscope.

INFLUENCE DE DOSES CHRONIQUES D'OZONE SUR DIFFÉRENTES RESSOURCES DE L'ÉRABLE A SUCRE.

Renaud, J.P.[1,2], Y. Mauffette[1] et G. Allard[1].

1.Centre de recherche acéricole, Service des technologies alimentaires, Ministère de l'Agriculture du Québec, 2700 Einstein, Ste-Foy, QC. G1P 3W8.
2.Département de phytologie, Université Laval, Québec. G1K 7P4.
3.Département des sciences biologiques, Groupe de recherche en écologie forestière, Université du Québec à Montréal. H3C 3P8.

RÉSUMÉ

En tant que polluant majeur pour l'agriculture, l'ozone cause des pertes économiques importantes estimées à plus d'un millard de dollars aux Etats-Unis. Pour les milieux naturels, en plus de générer des baisses de productivité, l'ozone est également associé à une perte de la diversité génétique. Les connaissances actuelles des effets physiologiques de l'ozone sur les plantes sont cependant incomplètes. La présente étude a été effectuée au site expérimental de Tingwick (région des Bois-Francs), où les moyennes saisonnières d'ozone se situent entre 40 et 60 ppb, soit nettement supérieures aux normes annuelles Canadiennes considérées comme acceptables (15 ppb). Cette étude avait pour but d'évaluer les effets de l'ozone sur la croissance, la photosynthèse, les réserves d'amidon dans les racines et dans les feuilles, ainsi que le contenu en minéraux foliaires de jeunes semis (3 ans) d'érable à sucre. Durant la seconde semaine de juin 1988 et 1990, les plants ont été placés dans trois milieux: 1) à l'intérieur de chambres de culture à ciel ouvert; 2) en champ; et 3) sous le couvert forestier. Dans les chambres, les doses d'ozone étaient des multiples des concentrations ambiantes (i.e. 0x, 1x et 3x). En 1990, le taux de photosynthèse foliaire a été mesuré hebdomadairement entre 9:00 AM et midi, par journées ensoleillées à partir du 6 juillet jusqu'au 6 septembre. Durant la seconde semaine de septembre 1990, tous les plants ont été récoltés et divisés en tiges, feuilles et racines avant d'être lyophylisés. Dans les chambres, la croissance était généralement meilleure que celle observée en champ. Mais après trois saisons, la croissance sous le couvert forestier était régulièrement la plus faible. A 3x, le taux de photosynthèse foliaire était réduit de 28% après une saison. Les plants exposés aux doses élevées d'ozone n'avaient pas de concentrations plus élevés en amidon dans leurs feuilles. La surface foliaire totale était aussi plus faible, bien que non-statistiquement. Aux doses de 3x, le nombre de feuilles par plant a été réduit de 48% comparativement à 1x. Le taux de croissance relatif des érables a été réduit de 14% après une saison, et de 25% après trois saisons, pour les plants ayant reçu une dose de 3x (i.e. dose moyenne = 89.9 ppb). Une réduction plus importante

de la croissance des racines comparativement aux tiges n'a pas été observée. Les concentrations racinaires en amidon n'ont pas été affectées par l'ozone. Les teneurs foliaires en K étaient légèrement supérieures pour les plants de 3x comparativement à ceux de 1x, 0x, et de champ. Les plants situés sous le couvert forestier avaient les teneurs foliaires en N, P, et K les plus élevées. Ces résultats supportent l'hypothèse que l'ozone altère la productivité des érables. Ils sont aussi en accord avec d'autres travaux ayant démontrés, suite à des expositions à l'ozone, une suceptiblité accrue des végétaux envers les stress biotiques et abiotiques. Ces résultats soulignent, de plus, la sensibilité de paramètres tels la croissance, la surface foliaire et le taux de photosynthèse envers des doses chroniques d'ozone.

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE DE L'EFFET DE DOSES CHRONIQUES D'OZONE SUR LA RÉSISTANCE AU FROID DE JEUNES ÉRABLES A SUCRE.

A. Minero-Amador[1], K.A. Stewart[1] et J.P. Renaud2

1. Depart. of plant science, Université McGill, Ste-Anne-de-Bellevue, H9X 1C0.
2. Centre de recherche acéricole, Service des technologies alimentires, Ministère de l'agriculture du Québec, 2700 Einstein, Ste-Foy, QC. G1P 3W8.

RÉSUMÉ

Au Québec, l'ozone est un polluant important pouvant réduire la photosynthèse et la productivité de l'érable à sucre. Cette étude préliminaire a été entreprise afin d'évaluer la résistance au froid de jeunes érables à sucre (4 ans), soumis à des fumigations d'ozone dans 9 chambres de culture à ciel ouvert situées au site expérimental de Tingwick (M.A.P.A.Q.). Les traitements d'ozone représentaient 3 doses multiples des teneurs ambiantes d'ozone soient: 0x, 1x et 3x. Les analyses ont été effectuées durant l'année 1989-1990, sur les bourgeons terminaux des pousses annuelles des plants. Les bourgeons ont été plongés dans un bain réfrégérant, où la température a été abaissée graduellement de 0 à -40°C. Les exothermes et les températures léthales médianes (mesurées par % de relarguage ionique) ont été mesurés. L'ozone réduit la résistance des bourgeons au froid. Cependant, cette réduction ne suit pas une distribution linéaire selon les doses appliquées. Au printemps, période critique pour les dommages dus au gèle, les érables ayant reçu de l'ozone avaient une résistance au froid de 5°C moindre que les arbres ayant reçu un air filtré. Les doses chroniques d'O_3 que nous retrouvons actuellement au Québec affectent donc probablement la tolérance gèle des érables. Cependant, ce type d'études mérite d'être poursuivi avant de pouvoir tirer des conclusions plus définitives et plus générales en la matière.

Les effets de l'ozone sur deux lépidoptères s'attaquant à l'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.)

Mauffette, Y., M. Constantin, M. Fortin et J.P. Renaud[1].

Département des Sciences biologiques, Groupe de recherche en écologie forestière, Université du Québec à Montréal, C.P. 8888, Succ. "A", Montréal, Québec H3C 3P8.

[1] Centre de recherche acéricole, Service des technologies alimentaires, Ministère de l'agriculture du Québec, 2700 Einstein, Ste-Foy, Québec G1P 3W8.

RÉSUMÉ

L'ozone est considéré par plusieurs chercheurs comme étant un polluant atmosphérique très toxique. Son pouvoir phyto-oxydant peut causer des dommages physiologiques importants chez les végétaux en modifiant la photosynthèse et en engendrant des modifications biochimiques dans le feuillage. Pour les insectes phytophages, ces modifications au niveau de la chimie foliaire peuvent se traduire par une modulation de la qualité nutritive de leur diète ou de la concentration des composés de défense. Indirectement, l'ozone pourrait contribuer à modifier les paramètres de développement des insectes et à amplifier les fluctuations des populations.

Dans cette étude, deux lépidoptères forestiers ont été élevés en chambre de croissance: un insecte printanier, la livrée des forêts (*Malacosoma disstria*) et un insecte estival, l'hétérocampe de l'érable (*Heterocampa guttivitta*). Pendant la durée de leur développement, les larves des 2 espèces ont été nourries de feuilles de semis d'érable à sucre (âge=2 ans). Ces semis ont été exposés aux multiples suivants des concentrations ambiantes d'ozone: 0x, 1x, 1.5x, 3x; les fumigations d'ozone ont eu lieu dans 12 chambres d'exclusion à toit ouvert (Centre de Recherche Acéricole de Tingwick, MAPAQ). Deux indices de développement ont été mesurés sur chaque insecte: 1) la durée du développement larvaire, et 2) le poids de la chrysalide. Afin de vérifier si les insectes peuvent discriminer entre les modifications de la chimie foliaire engendrées par l'ozone, des tests de préférence alimentaire en arène ont été effectués sur l'hétérocampe.

Nos résultats préliminaires sur la livrée des forêts indiquent que les indices du temps de développement des larves et du poids des chrysalides sont légèrement plus élevés pour la diète à dose intermédiaire (2x) que pour les autres doses (temps moy=88jours, masse moy=375g). D'autre part, la diète 0x semble fournir les indices de développement les plus faibles (temps moy=82jours, masse moy=307g). Toutefois, aucune de ces comparaisons n'est statistiquement significative. Pour l'hétérocampe, aucune différence significative n'a été décelée

entre les temps de développement pour les quatre traitements. Par contre, le poids moyen des chrysalides à la dose 0x est significativement inférieur aux poids des doses 1x et 3x (test *t*; P=0.002 et P=0.003 respectivement). Les tests de préférence ont démontré que les hétérocampes ne faisaient aucune distinction entre les feuillages exposés aux différentes concentrations d'ozone. Toutefois, les feuilles provenant de jeunes semis, indépendamment du traitement, ont été préférées à celles provenant d'arbres matures.

Les faibles effectifs de notre expérience avec la livrée ne nous permettent pas de conclure avec certitude de la réponse de cet insecte aux plants exposés à l'ozone. Par contre, les résultats pour l'hétérocampe indiquent qu'à faibles doses (1x) ou à doses très élevées (3x), les populations d'insectes pourraient être avantagées. La diminution du temps de développement minimisera son exposition aux prédateurs, alors qu'une augmentation du poids des chrysalides se traduira par une meilleure fécondité. D'autres recherches sur les interactions plantes-insectes sont nécessaires afin de mieux comprendre et prédire la réponse de différentes populations d'insectes aux végétaux exposés aux stress abiotiques.

LES EFFETS À COURT TERME DE PLUIES ACIDES SIMULÉES SUR L'ÉRABLE À SUCRE

Christophe N. N'soukpoé-Kossi et Roger M. Leblanc

Centre de recherche en photobiophysique
Université du Québec à Trois-Rivières
3351 boul. des Forges, C.P. 500, Trois-Rivières, Québec
Canada, G9A 5H7

"Les pluies acides tuent nos forêts". Telle est l'idée largement répandue aujourd'hui au Canada et ailleurs dans le monde. Ce cri d'alarme a motivé plusieurs scientifiques à entreprendre des recherches visant à confirmer ou à infirmer l'allégation condamnant les précipitations acides dans l'affaire du dépérissement des forêts. C'est dans cette optique que nous avons débuté une étude sur les effets à court et à long terme de pluies acides simulées sur des plants d'érable à sucre. Nous présentons ici les travaux relatifs aux effets à court terme.

Les différents paramètres examinés sont l'activité photosynthétique (e.g. dégagement d'oxygène photosynthétique et stockage d'énergie photochimique), la croissance relative en hauteur et le contenu pigmentaire des feuilles. L'activité photosynthétique a été mesurée par spectroscopie photoacoustique [1] basée sur la génération d'ondes acoustiques induite par l'absorption d'un faisceau de lumière modulée (intermittente). Les plants d'érable (5-6 ans) ont été soumis à deux types de traitement: 1) arrosage du feuillage avec de la pluie acide simulée de différents pH (1,5-5,6) pendant que la terre est arrosée à pH constant (5,6); 2) arrosage du feuillage avec de la pluie simulée de pH constant (5,6) et de la terre à différents pH (2,5-5,6). Ces traitements se sont poursuivis pendant la durée d'une période active (8 semaines), à raison de deux à trois fois par semaine.

Les résultats, en général, indiquent une décroissance du dégagement d'O_2 lorsque le degré d'acidité du milieu de traitement augmente. Pendant ce temps, la croissance relative en hauteur se trouve stimulée [2,3]. En plus, pour ce qui est de l'arrosage de la terre à différents pH, le

contenu en chlorophylle *a* et *b* et en caroténoïdes-xanthophylles augmente avec le degré d'acidité. En ce qui concerne le stockage d'énergie photochimique, son profil montre un maximum autour du pH 4,0-4,5, fortement en corrélation avec le contenu pigmentaire. Tout indique donc que c'est le photosystème II (PSII), directement impliqué dans l'oxydation de l'eau en O_2, qui est le plus affecté par l'acidité. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle le profil du dégagement d'O_2 ne suit pas celui du stockage d'énergie photochimique puisque ce dernier représente l'énergie mise en jeu par l'ensemble des composés de la chaîne transporteuse d'électrons entre PSII et PSI, ainsi que le transport cyclique d'électrons autour de PSI.

Nous nous trouvons donc en présence d'une situation d'ambivalence. En effet, pendant que le dégagement d'O_2 photosynthétique décroît en raison d'une acidité croissante, la croissance relative en hauteur augmente, le contenu pigmentaire et le stockage d'énergie photochimique affichent un optimum autour de pH 4,0-4,5. Cette apparente contradiction a été expliquée par le fait que, tout en inhibant le PSII et son dégagement d'O_2, les pluies acides simulées nourrissent dans une certaine mesure les plants par leur apport accru d'éléments nutritifs comme l'azote (HNO_3) et le soufre (H_2SO_4).

Il ressort donc qu'à court terme, les pluies acides ne semblent pas si dommageables pour l'érable à sucre qu'on l'aurait cru à prime abord. Par contre, on se doit d'être prudent en regard de leurs effets à long terme.

RÉFÉRENCES

1. N'soukpoé-Kossi C.N. and R.M. Leblanc. "Application of photoacoustic spectroscopy in photosynthesis research". J. Molec. Struct. 217, 69-84, 1990.

2. N'soukpoé-Kossi C.N., R. Bélanger, S. Keilani, H. Proteau, P. Boivin and R.M. Leblanc. "Short-term acid damage to photosynthesis in corn and sugar maple leaves assessed by photoacoustic spectroscopy". Can. J. Bot. 68, 2292-2300, 1990.

3. N'soukpoé-Kossi C.N., C. Trottier, C.A. Achi, D. Charlebois and R.M. Leblanc. "Effects of acid watering of the soil on the photosynthetic activity, growth, and foliar pigments of sugar maple saplings". J. Environ. Sci. & Health (sous presse).

Développement et application d'un modèle prédictif du choc acide printanier.

Charette[1], J.Y., Stein[2], J., Jones[3], H.G., Hendershot[4], W.H.

1 Environnement Canada, Centre Saint-Laurent, DEI.
2 Université Laval, Fac. Forestrie et Géodésie.
3 Université du Québec, INRS-Eau.
4 Université McGill, Macdonald College.

Nos travaux au bassin expérimental du lac Laflamme, 80 Km au nord de Québec, ont montré que le choc acide printanier représente en moyenne 33% des dépôts atmosphériques annuels. Nous avons observé que près de 85% de la charge acide printanière est libérée durant les premiers 30% de la fonte. Durant cette période, l'acidité peut atteindre jusqu'à 100 fois le niveau d'acidité normal des eaux du lac.

Un modèle basé sur les processus physiques a été développé afin de prédire l'évolution de la qualité de l'eau et l'amplitude du choc acide. Les paramètres de qualité de l'eau qui peuvent être simulés comprennent entre autres; la conductivité, la concentration en aluminium dissous, le pH, F, SO_4, NO_3, Cl, NH_4, Ca, Mg, Na et K.

Le modèle développé, VSASQ1, comprend quatre modules; SNOQUAL, VSAS2, SOILEQ et SHORMIX qui ont pour fonction respectivement, de simuler la qualité des eaux de fonte, le cheminement des eaux sur le bassin versant, les échanges chimiques au niveau des horizons de sol et enfin, la qualité finale des eaux de surface, en calculant la contribution relative des eaux de fonte et des eaux souterraines.

Un premier exercice de simulation basé sur les données recueillies au lac Laflamme durant la fonte printanière de 1988, indique que VSASQ1 nécessite des améliorations pour simuler adéquatement la qualité des eaux du lac. L'analyse de validation du modèle a cependant montré que VSASQ1 pouvait prédire avec justesse la concentration et l'évolution journalière de la qualité des eaux de fonte provenant du couvert de neige.

Le modèle a été utilisé afin de tracer le portrait régional de l'acidité des eaux de fonte dans le sud du Québec et l'effet d'une réduction des dépôts atmosphériques sur l'acidité des eaux de fonte.

Plusieurs scénarios de conditions de fonte et de dépôts atmosphériques ont été simulés. En se basant sur le niveau actuel des dépôts atmosphériques dans les différentes régions du sud du Québec et en simulant des conditions moyennes d'accumulation et de fonte, nos résultats suggèrent que le pH moyen du premier 30% des eaux de fonte, devrait varier selon les régions, entre pH 4.4 et 3.9. Même avec une réduction de 50% des dépôts atmosphériques, l'acidité moyenne des eaux de fonte dans la plupart des régions du sud du Québec serait aussi élevée que pH 4.6 et pourrait atteindre jusqu'à pH 4.2 dans le sud-ouest de la province.

Dans les bassins du sud du Québec où les eaux de fonte seraient peu ou pas neutralisées, le choc acide printanier pourrait représenter une sérieuse menace pour la faune aquatique et semi-aquatique.

Causes de l'augmentation de la biomasse du périphyton en milieu lotique acidifié.

Catherine Vallée et Dolors Planas
Département des sciences biologiques et Géotop, UQAM

Il a souvent été rapporté que l'acidification des écosystèmes lentiques et lotiques entraînent une augmentation importante de la biomasse et de la productivité du périphyton. Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer ce phénomène: (1) prolifération d'espèces acidophiles; (2) la transparence de l'eau augmente avec l'acidification, permettant une plus grande pénétration de la lumière; (3) la pression de broutage exercée par les herbivores benthiques diminue à bas pH; (4) la décomposition microbienne est amoindrie en milieu acidifié, permettant une accumulation accrue de la biomasse; (5) la compétition avec les autres membres du aufwuchs (bactéries, champignons) diminue à bas pH.

Dans le cadre de cette étude nous avons vérifié l'hypothèse (5) de la compétition, ainsi qu'une nouvelle hypothèse: l'acidité entraîne des modification chimiques au niveau des sédiments, augmentant la quantité de phosphore biodisponible.

Pour cette étude, nous avons travaillé dans des conditions semi-naturelles. Des canaux expérimentaux étaient alimentés par l'eau d'un ruisseau oligo-dystrophe du bouclier canadien (Fôret Montmorency) ayant un pH près de la neutralité. Deux canaux ont été acidifiés (pH 4.2), deux canaux ont reçu un léger enrichissement en phosphore et deux canaux ont servi de témoin.

Les analyses chimiques de l'eau indiquent une légère augmentation du PRS dans les canaux acidifiés par rapport aux canaux témoins. Les sédiments exposés à l'acidité contiennent significativement moins de phosphore lié à l'aluminium que les sédiments exposés aux autres traitements. L'activité spécifique de la phosphatase du périphyton est significativement plus élevée dans les canaux témoins, alors qu'elle ne varie pas entre les canaux enrichis et acidifiés. Finalement, l'acidité a causé une augmentation de la biomasse du périphyton de plus d'un ordre de magnitude et entraîné une diminution significative du nombre de bactéries, tandis que l'enrichissement a favorisé la croissance des bactéries seulement.

LE COÛT SOCIAL DE RÉDUCTION DES GAZ ACIDES AU QUÉBEC

C. Berger, A. Haurie, E. Lessard, R. Loulou, J-P. Waaub
Groupe d'études et de recherche en analyse des décisions (GERAD)
École des Hautes Études Commerciales à Montréal

Présentateur: J.-P. Waaub

RÉSUMÉ

Le modèle dynamique d'analyse d'activités, MARKAL-Québec, est utilisé pour simuler la réaction des systèmes énergétique et industriel québécois à l'imposition de limites supérieures d'émissions atmosphériques des gaz acides NO_x et SO_2. Le modèle est dirigé par deux scénarios économiques contrastés, représentant respectivement des demandes fortes et faibles de biens et services, associés à des prix modérés des formes d'énergie importées. Des contraintes sur les émissions atmosphériques sont testées. Les principaux résultats sont les suivants: réalisation de réductions importantes dans l'industrie de la fonte de cuivre, un passage du mazout lourd au gaz naturel et un passage aux voitures fonctionnant au diesel, ayant des impacts se répercutant sur le raffinage des produits pétroliers et le secteur des transports.

Qualité de l'air: sommaire des résultats 1990

Communauté urbaine de Montréal
Service de l'environnement

Le mandat du Service de l'environnement de la Communauté urbaine de Montréal relativement à l'assainissement de l'air consiste à mesurer la qualité de l'air sur l'ensemble du territoire et à faire réduire les sources d'émissions des polluants de façon à ce que chaque citoyen puisse respirer un air sécuritaire pour sa santé et qui ne puisse endommager sa propriété ou ses biens.

Au centre-ville, en 1990, l'air a été de bonne qualité 77% du temps; l'air a été de qualité acceptable 22% du temps et l'air a été de mauvaise qualité 1% du temps (16 et 17 janvier).

BIOXYDE DE SOUFRE SO_2: Ce contaminant constitue une menace pour la santé lorsque sa concentration dans l'air ambiant dépasse 260 ug/m^3 durant 24 heures. En 1990, la moyenne quotidienne a été sous la norme à tous les postes. La moyenne annuelle s'est maintenue sous la norme à tous les postes pour les années 1989 et 1990.

OXYDE DE CARBONE CO: Les concentrations moyennes pour 8 heures consécutives se sont maintenus au-dessous de la norme à tous les postes en 1989 et en 1990. La norme de 8 heures avait été dépassée 61 fois au poste du centre-ville en 1971. Cette amélioration de la qualité de l'air est le fruit d'une combustion plus efficace de l'essence dans les moteurs d'automobiles et de l'installation de dispositifs antipollution sur les systèmes d'échappement des gaz de combustion.

BIOXYDE D'AZOTE ET OXYDE NITRIQUE NO_2 ET NO: Les valeurs sont les plus élevées dans le centre-ville et au poste de l'échangeur Décarie où la circulation des véhicules moteurs est plus intense. En 1989, la norme horaire a été dépassée cinq fois tandis que la norme quotidienne a été dépassée trois fois. En 1990, ni la norme horaire ni la norme quotidienne n'ont été dépassées à aucun poste.

OZONE O_3: C'est en général aux postes situés dans la partie ouest de l'île, qu'on retrouve les teneurs d'ozone de même que les fréquences de dépassement des normes horaires ou quotidiennes les élevées. A ces postes, la majorité des dépassements surviennent durant les mois d'avril à septembre avec des vents soufflant du sud, du sud-ouest ou de l'ouest. La norme annuelle est dépassée à un seul des neuf postes où l'ozone est mesuré. En 1990, les teneurs d'ozone ont diminué de façon significative par rapport à 1989 pour la plupart des postes.

SULFURE D'HYDROGENE H_2S: A Pointe-aux-Trembles, le nombre exceptionnel de dépassement de la norme horaire (11 ug/m^3) s'est produit au mois d'avril et pourrait être associé à une situation

ponctuelle et temporaire dans le complexe pétro-chimique. Depuis ce moment, les dépassements sont redevenus excessivement rares comme par le passé.

INDICE DE SOUILLURE I.S.: Cette mesure indique surtout la présence de suies dans l'air. La Communauté a adopté 1,0 COH comme norme de qualité pour 24 heures. Cette norme est encore dépassée certains jours d'hiver à quelques postes de la Communauté. La norme annuelle n'a été dépassée à aucun poste.

CONCENTRATIONS DES PARTICULES EN SUSPENSION P.S.: Pour la première fois depuis 20 ans, la teneur des particules en suspension est inférieure à la norme de 70 ug/m^3 à l'ensemble des 19 postes permanents du réseau. La valeur la plus élevée a été mesurée près de la carrière Miron et à proximité de l'autoroute métropolitaine.

CONCENTRATION DE SULFATES SO_4: La concentration à laquelle il faut abaisser les sulfates pour protéger la santé n'a pas encore été établie. Dans la Communauté, la concentration moyenne qui était de 12,7 ug/m^3 en 1970 et de 10,1 ug/m^3 en 1979 a été abaissée en 1990 à 4,3 ug/m^3 (concentration moyenne de l'ensemble des postes).

CONCENTRATION DE PLOMB Pb: C'est à deux postes situés à proximité d'échangeurs importants, que sont mesurées les concentrations moyennes annuelles et les concentrations quotidiennes les plus élevées. La pollution de l'air ambiant par le plomb est excessivement faible et n'est plus considérée comme un problème sérieux. Aucune des périodes de trois mois consécutifs de l'année 1990 ne dépasse la norme de 1,5 ug/m^3 établie par l'agence américaine de protection de l'environnement (EPA).

CONCENTRATION DE NITRATES NO_3: Dans l'ensemble, les valeurs varient peu d'une année à l'autre. Sur une base de dix ans, on note une diminution de l'ordre de 20%.

RETOMBÉES DE PARTICULES INSOLUBLES R.P.: La valeur la plus faible est fournie par le poste de Dorval où on n'enregistre que 4,2 $g/décamètre^2/jour$. Pour l'ensemble des postes, on atteint des valeurs relativement plus élevées durant les mois de mars et avril en raison du fait que le nettoyage des rues ne s'est pas encore effectué à l'aide d'eau; les particules s'étant accumulées tout l'hiver.

MÉTAUX: Toutes les teneurs sont de beaucoup inférieures aux normes du réglement 90.

POLLEN DE L'HERBE A POUX: L'indice saisonnier moyen du pollen de l'herbe à poux a légèrement augmenté; il est passé de 8 en 1989 à 9 en 1990. Une valeur supérieure à 7 est celle où l'on observe des effets sur la santé chez environ 10 à 15% de la population.

Tiré du: Rapport annuel de qualité de l'air, Sommaire des résultats 1990, Communauté urbaine de Montréal, 30 p.